بسم الله الرحمن الرحيم

**دانشکده کشاورزی**

**گروه آب و خاک**

عنوان پایان نامه

# تاثیر قارچ مایکوریز، باکتری سودوموناس و اسید هیومیک ، بر شاخص های رشد گیاه لوبیا و برخی خصوصیات خاک

**ندا جدیدالاسلام شاهسوار**

**اساتید راهنما**

شاهین شاهسونی

ناصر علی اصغرزاد سلمانی

**اساتید مشاور**

حمیدرضا اصغری

شاهرخ قرنجیک

**پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد**

**زمستان ۱۳۹۳**

**پرو ردگارا**

نه می توانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شدند، سیاه کنم

و نه برای دست های پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم.

پس توفیقم ده که هر لحظ شکر گزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم.

تقدیم به پدر و مادرم

و

خواهر عزیزم

که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر

# تشکر و قدردانی

لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

حمد و سپاس پروردگار بزرگ را که توفیق کسب علم را نصیبم ساخت و سختیهای راه را بر من هموار. اکنون که این تحقیق به مدد و یاری خداوند باری تعالی به پایان رسیده بر خود لازم می دانم از خانواده عزیزم قدردانی کنم. امیدوارم که این ناچیز ترین تلاشم تنها برای خرید یک لحظه شادیشان کافی باشد.

بر خود لازم می دانم از زحمات بی شائبه جناب آقای دکتر شاهسونی و آقای دکتر علی اصغر زاد به پاس راهنمایی های ارزنده و مساعدت های بی دریغ شان در طی انجام این تحقیق که همواره روشنگر راه و مسیر اینجانب بوده است، کمال تشکر را داشته باشم. امید توفیق ایشان را از خداوند متعال مسئلت دارم. از اساتید محترم جناب آقایان دکتر اصغری و دکتر قربیک که از مشاوره های ایشان استفاده نمودم کمال تشکر و قدردانی را دارم. از کلیه اساتید گروه، مدیریت محترم گروه آب و خاک و کارشناس آزمایشگاه گروه خاک شناسی جناب آقای مهندس شاکری کمال سپاس و قدر دانی را دارم. از یاری دوستان و همکلای های عزیزم که سختی های طاقت فرسای اجرای پایان نامه را برایم خاطره انگیز ساختند، آنانکه خاطره شان همواره در ذهنم باقی خواهد ماند، کمال تشکر را دارم.

ندا جدیدالاسلام شاهسوار  بهمن ۹۳

# تعهد نامه

اینجانب **ندا جدیدالاسلام شاهسوار** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **علوم خاک** دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه **تاثیر قارچ مایکوریز، باکتری سودوموناس و اسید هیومیک ، بر شاخص های رشد گیاه لوبیا و برخی خصوصیات خاک** تحت راهنمائی**دکتر شاهین شاهسونی و دکتر ناصر علی اصغرزاد** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

.

**تاریخ**

**امضای دانشجو**

**مالکیت نتایج و حق نشر**

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

# چکیده

لوبیا(*Phaseolus vulgaris* L) یکی از حبوبات مهم است که به صورت مستقیم مورد استفاده انسان قرار می گیرد و ۵۰٪ از تولید حبوبات جهان را شامل می شود.کودهای بیولوژیک یا کود های میکروبی (مایع، جامد یا نیمه جامد) حاوی یک یا چند گونه میکروارگانیسم خاص بوده و باعث گسترش بیشتر و بهتر سیستم ریشه ای و جذب بهتر عناصر و در نتیجه رشد بیشتر گیاه شده و با بالا بردن کمی و کیفی اجزای عملکرد گیاهان، موجب افزایش عملکرد می شوند. به منظور بررسی اثر قارچ میکوریز و باکتری سودوموناس به عنوان کود های زیستی و اسید هیومیک بر عملکرد گیاه لوبیا آزمایشی به صورت فاکتوریل با دو سطح قارچ میکوریز (M. :عدم مایه‌زنی با قارچ، $M_1$ :مایه‌زنی با قارچ *Glomus etunicatum*)، دو سطح باکتری (S. عدم مایه‌زنی با باکتری و $S_1$: مایه-زنی با باکتری *Pseudomonas putida*) و سه سطح اسید هیومیک (H.: عدم مصرف اسید هیومیک، $H_1$: مصرف ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم، $H_2$: مصرف ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که ترکیب دو کود زیستی باکتری و قارچ میکوریز باعث افزایش معنی دار در وزن غلاف، وزن دانه و تعداد دانه شد. مایه زنی گیاه لوبیا با قارچ *Glomus etunicatum* میزان جذب فسفر و میزان وزن دانه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. مایه زنی با باکتری *Pseudomonas putida* نیز جذب نیتروژن توسط گیاه را افزایش داده است .مصرف اسید هیومیک در سطح ۴۰۰ میلی گرم کیلوگرم تعداد دانه و کلروفیل کل a و b برگ را نیز افزایش داده است. به طور خلاصه می توان دریافت مصرف قارچ میکوریز و اسید هیومیک در حضور باکتری سودوموناس باعث بهبود برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گیاه لوبیا می شود.

واژه های کلیدی: لوبیا، اسید هیومیک، *Pseudomonas putida* ، قارچ میکوریزا، وزن دانه

## مقالات مستخرج از پایان نامه

بررسی کاربرد توام قارچ میکوریزا، باکتری *سودوموناس* و اسید هیومیک بر برخی شاخص های رشد گیاه لوبیا.سیزدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ۱۳۹۳.

تاثیر قارچ میکوریز آربوسکولار، باکتری *سودوموناس پوتیدا* و اسید هیومیک بر عملکرد و کلونیزاسیون گیاه لوبیا.سیزدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ۱۳۹۳.

آنالیز عنصری و گروه های عاملی در اسید هیومیک مستخرج از ورمی کمپوست. سیزدهمین کنگره علوم خاک ۱۳۹۳

استخراج اسید هیومیک از ورمی کمپوست در زمان های مختلف استخراج و تاثیر آن بر گروه های عاملی و نسبت های اسپکتروفوتومتری. سیزدهمین کنگره علوم خاک ۱۳۹۳.

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


**فصل اول: مقدم**

۱-۱ - مقدمه ..... ۲

۱-۲- اهمیت حبوبات..... ۳

۱-۳- لوبیا..... ۵

۱-۳-۱- لوبیا چیتی..... ۵

۱-۴- قارچ میکوریز..... ۵

۱-۵- باکتری محرک رشد..... ۷

۱-۶- اسید هیومیک..... ۸

اهداف مطالعه..... ۹

**فصل دوم: بررسی منابع**

۲-۱- محل پیدایش لوبیا..... ۱۲

۲-۲- گیاه شناسی..... ۱۲

۲-۳- نیاز آب و هوایی..... ۱۲

۲-۴- نیاز کودی..... ۱۳

۲-۵- مشخصات میکوریز آربوسکولار ..... ۱۴

۲-۶- عوامل موثر بر همزیستی میکوریزایی ..... ۱۴

۲-۶-۱- PH ..... ۱۴

۲-۶-۲-دما ..... ۱۵

۲-۶-۳- $CO_2$ ..... ۱۵

۲-۶-۴-رطوبت ..... ۱۶

۲-۶-۵- نور ..... ۱۶

۲-۶-۶-غلظت عناصر غذایی ..... ۱۶

۲-۷- فواید قارچ های میکوریزایی ..... ۱۷

۲-۸- فاکتور های موثر بر همزیستی میکوریزایی ..... ۱۷

۲-۹- اثر همزیستی میکوریزایی بر رشد و عملکرد گیاه ..... ۱۸

۲-۱۰-باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه ..... ۱۹

۲-۱۰-۱- ریزوسفر ..... ۱۹

۲-۱۰-۲- انواع باکتری های محرک رشد گیاه ..... ۱۹

۲-۱۰-۳- باکتری های حل کننده فسفات ..... ۲۰

۲-۱۰-۴- ویژگی های مهم باکتری های خانواده سودوموناسه..... ۲۱

۲-۱۱- موا د هیومیک..... ۲۲

۲-۱۲- چگونگی تشکیل مواد هیومیک ..... ۲۳

۲-۱۲-۲- نظریه پلی فنول..... ۲۳

۲-۱۲-۳- نظریه تراکم قند- آمین..... ۲۴

۲-۱۳- ساختار اسید هیومیک..... ۲۵

۲-۱۴- استخراج اسید هیومیک..... ۲۶

**فصل سوم : مواد و روش ها**

۳-۱- آماده سازی زادمایه قارچی..... ۲۸

۳-۲- آماده سازی زادمایه باکتری..... ۲۹

۳-۲-۱-تهیه زادمایه..... ۲۹

۳-۳- استخراج اسید هیومیک..... ۳۰

۳-۴- انتخاب رقم و آماده سازی بذر لوبیا..... ۳۰

۳-۵-آماده‌سازی خاک برای کشت گلدانی..... ۳۰

۳-۵-۱- روش آفتاب دهی..... ۳۲

۳-۵-۲-کشت گیاه و اعمال تیمارها..... ۳۲

۳-۶- اندازه گیری برخی صفات..... ۳۳

۳-۶-۱- اندازه‌گیری وزن تر بخش هوایی و ریشه..... ۳۳

۳-۶-۲- اندازه‌گیری وزن خشک بخش هوایی و ریشه ..... ۳۳

۳-۶-۳- تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه..... ۳۳

۳-۶-۴-تجزیه شیمیایی گیاه و اندازه‌گیری غلظت عناصر..... ۳۴

۳-۶-۴-۱- تعیین نیتروژن کل به روش کجلدال..... ۳۵

۳-۶-۴-۲-اندازه‌گیری غلظت فسفر..... ۳۶

۳-۷-طرح آزمایش و تجزیه‌های آماری..... ۳۸

**فصل چهارم: نتایج و بحث**

۴-۱- ارتفاع گیاه ..... ۴۰

۴-۲- وزن تر و خشک بخش اندام هوایی..... ۴۱

۴-۳- وزن تر و خشک ریشه..... ۴۵

۴-۴- نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی..... ۴۸

۴-۵-تعداد دانه..... ۴۹

۴-۶- قطر ساقه..... ۵۱

۴-۷- وزن دانه..... ۵۳

۴-۸-کلروفیل a برگ..... ۵۴

۴-۹- کلروفیل b برگ..... ۵۷

۴-۱۰- کلروفیل کل برگ..... ۵۹

۴-۱۱ درصد کلنیزاسیون ریشه..... ۶۰

۴-۱۲- تعداد غلاف..... ۶۳

۴-۱۳- طول بلندترین غلاف..... ۶۵

۴-۱۴- وزن خشک غلاف..... ۶۶

۴-۱۵- طول میان گره..... ۶۷

۴-۱۶- تعداد گره در شاخه اصلی..... ۶۹

۴-۱۷-تعداد شاخه فرعی در بوته..... ۷۰

۴-۱۸ غلظت فسفر بخش هوایی..... ۷۲

۴-۱۹- غلظت فسفر ریشه..... ۷۳

۴-۲۰-غلظت پتاسیم بخش هوایی..... ۷۵

۴-۲۱-غلظت پتاسیم ریشه..... ۷۶

۴-۲۲-غلظت نیتروژن بخش هوایی..... ۷۸

۴-۲۳- غلظت نیتروژن ریشه..... ۷۹

نتیجه گیری..... ۸۲

پیشنهادها ..... ۸۲

## هرست جداول

**عنوان** **صفحه**

جدول ۴-۱ تجزیه واریانس اثراسیدهومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه.....۸۶

جدول ۴-۲ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه.....۸۶

جدول ۴-۳ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه.....۸۷

جدول ۴-۴ تجزیه واریانس اثرباکتری، قارچ و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد.....۸۷

جدول ۴-۵ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد.....۸۸

جدول ۴-۶ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد.....۸۸

جدول ۴-۷ تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر کلروفیل a، b و کل..... ۸۹

جدول ۴-۸ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر کلروفیل a، b و کل..... ۹۰

جدول ۴-۹ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر کلروفیل a، b و کل..... ۹۰

جدول ۴-۱۰ تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، باکتری و اثر متقابل آنها بر درصد کلنیزاسیون ریشه..... ۹۰

جدول ۴-۱۱ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر درصد کلنیزاسیون ریشه..... ۹۱

جدول ۴-۱۲ تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر برخی خصوصیات گیاه..... ۹۱

جدول ۴-۱۳ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر تعداد غلاف ، طول بلندترین غلاف و وزن غلاف..... ۹۲

جدول ۴-۱۴ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر تعداد غلاف ، طول بلندترین غلاف و وزن غلاف..... ۹۲

جدول ۴-۱۵ تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر طول میانگره، تعدادگره در شاخه اصلی و تعدادشاخه..... ۹۳

جدول ۴-۱۶ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر طول میانگره، تعدادگره در شاخه اصلی و تعدادشاخه فرعی..... ۹۳

جدول ۴-۱۷ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر طول میانگره، تعدادگره در شاخه اصلی و تعدادشاخه فرعی.....۹۴

جدول ۴-۱۸ تجزیه واریانس اثراسیدهیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر غلظت عناصر بخش هوایی و ریشه.....۹۴

جدول ۴-۱۹ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری برغلظت عناصر بخش هوایی و ریشه .....۹۵

جدول ۴-۲۰ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر غلظت عناصر بخش هوایی و ریشه .....۹۵

# فصل اول

# مقدمه و کلیات

**۱-۱-مقدمه**

در حالیکه جمعیت جهان روز به روز افزایش می یابد، مساله کمبود مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه از اهمیت خاصی برخوردار است. از سوی دیگر در اکثر کشورهایی که با کمبود مواد غذایی روبرو هستند، کمیت و کیفیت پروتئین مساله اساسی تغذیه می باشد. باتوجه به مصرف سالانه بیش از هشتاد و پنج هزار تن کود شیمیایی در اراضی تحت کشت گیاهان تیره لگوم در ایران ضرورت دارد تا با یک برنامه ریزی صحیح، مایه های تلقیح کارا و موثری برای هر یک از لگوم های زراعی مهم کشور از جمله لوبیا که جزء مهمترین محصول های مورد مصرف انسان از تیره لگوم هاست در اختیار زارعین قرار بگیرد (اسدی رحمانی و فلاح، ۱۳۷۹) حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان است و جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان را تشکیل می‌دهد چرا که مقادیر قابل توجهی پروتئین مرغوب موجود در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب بیولوژیک ارزشمند غذایی فراهم نماید. این گیاهان با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک به صورت گیاهان پوششی و یا در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی در جلوگیری از فرسایش خاک موثر بوده و نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند و برای تنوع بخشی به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات به عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می‌شوند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

به طور کلی افزایش محصول در گرو بکارگیری بهینه نهاده های کشاورزی از جمله کود می باشد. کودهای شیمیایی در ایران نیز از مهمترین نهاده های کشاورزی به حساب می آیند. کودهای شیمیایی یکی از عوامل اصلی افزایش حاصلخیزی خاک می باشند، ولی استفاده بیش از اندازه از آنها به ویژه هنگامی که با عملیات مدیریتی نامناسب مثل سوزاندن بقایای گیاهی همراه شود، میزان ماده آلی خاک را به شدت کاهش می دهد. این موضوع بر ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تاثیرگذاشته و امکان فرسایش را در این خاک ها افزایش می دهد. استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی با تاثیر سوء روی ساختمان خاک منجر به عدم تعادل در

خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و در نتیجه کاهش جذب عناصر غذایی می گردد (آدلیه و همکاران، ۲۰۱۰؛ سران و همکاران، ۲۰۱۰). امروزه به دلیل افزایش اهمیت مسائل زیست محیطی توجه بیشتری به کودهای زیستی (بیولوژیک) برای جایگزینی با کودهای شیمیایی شده است. از آنجا که مدیریت کود از عوامل اصلی در نیل به کشاورزی پایدار محسوب می گردد، لذا جایگزینی تدریجی کودهای زیستی به دلیل مزایای نسبی این کودها و به علاوه ارزانی آنها نسبت به کودهای شیمیایی خصوصاً کودهای نیتروژنی و فسفاتی می تواند بار سنگین یارانه را از دوش دولت برداشته و گامی دیگر در جهت شکوفایی اقتصاد کشور به حساب آید. از طرف دیگر مصرف کودهای زیستی بدون نگرانی از اثرات سوء زیست محیطی غالباً موجب بهبود شرایط فیزیکی- شیمیایی و زیستی خاک ها شده، افزایش حاصلخیزی و باروری اراضی را به دنبال دارند (پیر انوشه و همکاران، ۱۳۸۹). چرخه ی بقایای آلی دارای یک ارزش جهانی برای کشاورزی پایدار و همچنین کاهش آلاینده ها در محیط زیست می باشد. امروزه بکارگیری روش های زیستی به عنوان طبیعی ترین و مطلوب ترین راه حل برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی مطرح می باشد (درزی و همکاران، ۱۳۸۷).کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی پایداری تولید را در سیستم‌های کشاورزی تضمین می‌کنند (صالح راستین، ۱۳۸۰).

### ۱-۲- اهمیت حبوبات

رشد جمعیت و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور در دو دهه اخیر باعث شده است تا مصرف مواد پروتئینی افزایش چشمگیری یابد. بر این اساس افزایش تولید مواد پروتئینی به ویژه پروتئین‌های گیاهی که منابع ارزشمندتری در تغذیه هستند، اجتناب ناپذیر است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). حبوبات از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین برای تغذیه انسان و دام به شمار می‌روند. در تغذیه انسان حدود ۲۲ درصد پروتئین گیاهی، ۳۲ درصد چربی و ۷ درصد هیدرات‌های کربن از حبوبات تأمین می‌گردد. دانه حبوبات با دارا بودن ۳۲-۱۸ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی مردم به ویژه افراد کم درآمد از نقطه نظر تغذیه‌ای اهمیت

بسیار دارد و تحت عنوان گوشت مردم فقیر نامیده می‌شود. حبوبات ویژگی دیگری نیز دارند و در اکوسیستم‌های کشاورزی جهان در تناوب با سایر گیاهان زراعی و تثبیت نیتروژن جوی در همزیستی با باکتری‌ها بخش عمده ای از نیتروژن مورد نیاز گیاهان زراعی بعد از خود را فراهم می‌سازند(خوشگفتار منش و همکاران، ۲۰۰۴). با پوسیدن ریشه محصولات مقادیر زیادی نیتروژن به خاک افزوده شده و موجبات غنی‌سازی خاک به ویژه در مناطق کم بازده کشاورزی فراهم می‌شود. حبوبات با داشتن ریشه عمیق خود به شخم بیولوژیکی خاک کمک کرده و قابلیت دسترسی به منابع با ارزش ازجمله رطوبت خاک نسبت به سایر گیاهان زراعی را دارا می‌باشند. (حاجی هاشمی، ۱۳۸۶). تاریخ استفاده از لگوم‌ها به عنوان گیاهان مرتعی جهت اصلاح خاک به عصر رومی‌ها (۳۷ سال قبل از میلاد) بر می‌گردد (فرد و همکاران،۱۹۳۲).

اراضی تحت کشت حبوبات برای تولید بذر خوراکی حدود ۱۰ درصد مساحت زیر کشت غلات است و میزان تولید کل آنها حدود ۵/۳ درصد می‌باشد (مجنون حسینی، ۲۰۰۸). در بین حبوبات، سویا، لوبیا و نخود از لحاظ سطح زیر کشت به ترتیب مقام اول تا سوم را حائز می‌باشند. به طور کلی کشورهای هند، روسیه، چین، برزیل، ترکیه، مکزیک، آمریکا، کانادا، استرالیا، فرانسه، نیجریه، اتیوپی و ایران جزء کشورهای اصلی تولید کننده و پنج کشورکانادا، استرالیا، آمریکا، چین و میانمار جزء عمده‌ترین کشورهای صادرکننده حبوبات در جهان به شمارمی‌روند.(قربانی،۱۳۸۶) سطح زیرکشت حبوبات بر اساس اطلاعات (فائو،۲۰۰۴) بالغ بر ۵/۷۱ میلیون هکتار بوده است. کل تولید حبوبات بالغ بر ۵/۶۰ میلیون تن تخمین زده شده است که بیشترین سهم تولید را هندوستان دارا می‌باشد. متوسط جهانی تولید حبوبات در واحد سطح ۸۷۰ کیلوگرم در هکتار است. در ایران نیز بر اساس اطلاعات آمارنامه کشاورزی (۱۹۸۳) سطح زیر کشت حبوبات بالغ بر ۱/۱۴۰ میلیون هکتار بوده که از این میزان ۸۲ درصد آن به صورت دیم و بقیه به صورت آبی کشت می‌شوند. تولید حبوبات کشور معادل ۱/۷۰ درصد کل تولید سالانه جهانی بوده که ۴۴ درصد تولید در اراضی آبی و ۵۶ درصد در اراضی دیم صورت می‌گیرد. از کل تولید حبوبات در کشور، محصول نخود با ۴۳ درصد در رتبه اول و لوبیا با ۳۳ درصد در رتبه

بعدی قرار دارد. متوسط عملکرد حبوبات در کشت آبی ۶۵۰ کیلوگرم و در کشت دیم ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است.

### ۱-۳- لوبیا

لوبیا در بین حبوبات جهان دارای بیشترین سطح زیر کشت است. بر اساس آمار انتشار یافته سطح زیر کشت جهانی این گیاه بالغ بر ۳۴ میلیون هکتار گزارش شده است (گراهام و رانالی، ۱۹۹۷). این محصول با داشتن حدود ۲۲ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۶۰ درصد کربوهیدارت، از نظر ارزش غذایی جایگزین خوبی برای گوشت می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۰). لوبیا علاوه بر اینکه در کشور های در حال توسعه به عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی مورد استفاده قرار میگیرد در کشورهای پیشرفته نیز به عنوان مکمل غذایی دارای مصرف زیادی است (مجنون حسینی،۲۰۰۸ )

### ۱-۳- ۱-لوبیا چیتی

لوبیا چیتی که به آن لوبیای رومی هم می‌گویند، یکی از انواع لوبیا و از گیاهان دولپه‌ای می‌باشد و یکی از محبوب‌ترین لوبیاها در بین ایتالیایی‌ها، پرتغالی‌هاو ترکیه‌ای‌ها است .آمینواسید فراوان موجود در لوبیا چیتی آن را به یک منبع خوب برای دریافت پروتئین و جایگزین مناسبی برای انواع گوشت‌ها تبدیل کرده است. لوبیای چیتی از نظر مقدار فیبر بر سایر لوبیاها برتری دارد. (مجنون حسینی، ۱۳۸۷)

### ۱-۴-قارچ‌های میکوریزی

هم‌زیستی بین ریشه‌های گیاه و قارچ اولین بار در سال ۱۸۸۱ در گیاهان بوسیله‌ی کامنسکی[۱]، قارچ شناس لهستانی کشف شد و بعدا در سال ۱۸۸۵ آلبرت برنارد فرانک (فرانک،۱۸۸۵) در مطالعه‌ی رابطه‌ی بین گیاه و

[۱]- Kamienski

میکروب‌های خاک، کلمه‌ی یونانی میکوریز[۲] را مطرح کرد. واژه‌ی میکوریز از دو اصطلاح مایکوس[۳] به معنی قارچ و رایزوس[۴] به معنی ریشه شکل گرفته است. قارچ‌های میکوریزی رابطه‌ی همزیستی با ریشه‌ی گیاهان تشکیل می‌دهند و نقش مهمی را در رشد گیاه، مقاومت به بیماری و بطور کلی بهبود کیفیت خاک بازی می‌کنند (سیدیکوئی و پیچتل،۲۰۰۸). اولین طبقه‌بندی قارچ‌های میکوریز توسط فرانک در سال ۱۸۸۵ انجام شد. او قارچ‌های میکوریز را به دو دسته اکتومیکوریز و اندومیکوریز تقسیم کرد (علی‌اصغرزاد،۱۳۷۶). تاکنون طبقه-بندی‌های مختلفی در مورد قارچ‌های میکوریزی انجام شده است که آخرین طبقه‌بندی در سال ۱۹۹۷ توسط رید انجام گرفت. از انواع میکوریز (میکوریز آربوسکولار[۵]، اکتو میکوریز[۶]، اکتندو میکوریز[۷]، آربوتوئید[۸]، مونوتروپوئید[۹]، اریکوئید[۱۰]) که در تقسیم‌بندی اخیر مطرح شده است، میکوریز آربوسکولار و اکتومیکوریز فراوان-ترین و گسترده‌ترین نوع هستند (اسمیت و رید،۱۹۹۷). در بین انواع مختلف میکوریزها، میکوریز آربوسکولار، رایج‌ترین نوع هم‌زیستی بین ریزجانداران خاک‌زی و گیاهان می‌باشد که تشکیل رابطه‌ی دوجانبه با بیش از ۸۰٪ گیاهان آوندی می‌دهد (براندرت،۲۰۰۲) و اهمیت اکولوژیک و اقتصادی فراوان دارد. قارچ‌های AM به‌دلیل اینکه می‌توانند ۴ تا ۲۰ درصد از کربن تثبیت شده توسط گیاهان را مصرف کنند، بعنوان مهم‌ترین تنظیم کننده‌های جریان کربن از گیاهان به خاک، بشمار می‌آیند (زو و میلر،۲۰۰۳). این قارچ‌ها تقریبا ۵ تا ۳۶ درصد زیتوده خاک و ۹ تا ۵۵ درصد زیتوده ریزجانداران خاک را در اراضی کشاورزی شامل می‌شوند (اولسن و همکاران،۱۹۹۹). قارچ‌های AM همزیست‌های اجباری هستند که به راسته‌ی Glomerales تعلق دارند و در همه جای اکوسیستم جهانی توزیع شده‌اند (ردکر و همکاران،۲۰۰۰). اگرچه قارچ‌های اکتومیکوریز هم بصورت گسترده حضور دارند اما فقط با ۳٪ گیاهان آوندی همزیست هستند (اسمیت و رید،۱۹۹۷). از مهم‌ترین

---

۲- Mycorrhiz
۳- Mycus
۴- Rhizus
۵- ArbuscularMycorrhiza
۶- Ectomycorrhizae
۷- Ectendomycorrhizae
۸- Arbutoid
۹- Monotropoid
۱۰- Ericoid

مشخصات هم‌زیستی قارچ‌های AM، تشکیل آربوسکول[11] در ریشه‌ی گیاه، داشتن اسپورهای[12] بزرگ چند هسته‌ای با دیواره‌های چند لایه‌ای و هیف‌های بدون دیواره عرضی (بجز در هیف‌های مسن و یا در محل اتصال هیف به اسپور) می‌باشد. قارچ‌های میکوریز در داخل ریشه‌های گیاهان بدون ایجاد هیچ‌گونه علائم بیماری، رشد و گسترش می‌یابند. انتقال مواد بین سلول‌های کورتکس ریشه گیاه کلنیزه شده با قارچ و آربوسکول‌های قارچ، مهم‌ترین مشخصه‌ی قارچ‌های AMمی‌باشد. قارچ AM، مواد کربوهیدراتی را عمدتا به شکل ساکارز از گیاه دریافت می‌کند و در مقابل، آب، عناصر غذایی (عمدتا فسفر) و فاکتورهای رشد را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (زارعی و صالحی جوزانی،۱۳۸۹).

از این رو استفاده از کودهای زیستی نظیر قارچ‌های میکوریزای وزیکولار آربوسکولار و میکروارگانسیم‌های محرک رشد در کشاورزی، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانسیم‌های مفید خاک در جهت فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردند (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۴).

قارچ‌های خاکزی میکوریزا یکی از ریز موجودات آزادزی هم‌زیست با ریشه گیاهان هستند که دارای کارکرد چند منظوره‌ای در بوم نظام های زراعی می‌باشند به طوری که بالقوه سبب بهبود کیفیت فیزیکی (از طریق گسترش ریسه‌های قارچ) کیفیت شیمیایی (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و کیفیت زیستی خاک (از طریق شبکه غذایی خاک) می‌شوند (کاردوسو و کوپر، ۲۰۰۶).

### ۱-۵-باکتری محرک رشد

باکتری های تحریک کننده رشد گیاه بخش کوچکی( ۵-۲٪) از باکتری های محیط ریشه هستند که رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می دهند (آنتون و کلاپر، ۲۰۰۱).این باکتری ها علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص باعث

[11]- Arbuscule
[12]- Spore

جذب سایر عناصر,کاهش بیماری ها, بهبود ساختمان خاک و تحریک رشد گیاه و افزایش کمی و کیفی محصول میگردند بدین لحاظ ازنظر علمی این باکتری ها تحت نام کلی محرک رشد گیاه یا PGPR(Plant Growth Promoting Rhizobacteria) نامیده میشوند از آنجا که این باکتری ها از خاک گرفته می شوند مزایای فراوانی دارند این گونه کودها منشا طبیعی داشته بنابراین استفاده از انها رجوع به طبیعت و بهره برداری از اجزای طبیعت برای بهتر ساختن آن محسوب میشود این کودها زیان های زیست محیطی کودهای شیمیایی را کاهش داده و خود موجب احیا و حفظ محیط زیست میشوند.کودهای بیولوژیک فقط به مواد آلی حاصل از کودهای دامی و بقایای گیاهی اطلاق نمیشود بلکه مایه تلقیح های دارای میکرو ارگانیسم های فعال در فرایندهای بیولوژیک مانند تثبیت نیتروژن و یا فراهم کردن فسفر و دیگر عناصر غذایی و نیز فرآورده های متابولیک موجودات مفید خاکزی را هم در بر میگیرد هدف از کشاورزی پایدار حفظ باروری خاک های زراعی در سطحی است که نیاز جمعیت در حال افزایش را بدون تخریب محیط زیست و تخلیه عناصر غذایی تامین نماید و مدیریت حاصلخیزی خاک با استفاده از کودهای بیولوژیکی میتواند در پیشبرد این هدف بسیار حایز اهمیت باشد کودهای بیولوژیک با استفاده از ظرفیت های طبیعی موجودات مفید خاکزی تهیه میشوند وتولید آنها علاوه بر صرفه اقتصادی به لحاظ رعایت جنبه های زیست محیطی نیز بسیار با ارزش است (واگار و همکاران،۲۰۰۴). بررسی منابع نشان داده که باکتری ها اثر سودمندی بر رشد گیاه بوسیله تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه، تولید آنتی بیوتیک، افزایش تولید عوامل رشدی گیاه و جلوگیری از بیماری های ریشه دارند.استفاده از باکتری ها به عنوان کود زیستی عملکرد محصولات کشاورزی را افزایش می دهند(دیویسون ۱۹۹۸)

### ۱-۶- اسید هیومیک

اورلو و بیریوکووا (۱۹۹۶)، گزارش دادند که ورمی کمپوست منبع غنی از مواد هیومیک بوده و دارای ۳۶-۱۷٪ اسید هیومیک و ۳۰-۱۳٪ اسید فولویک است. مواد هیومیک بخش اصلی و مهم تشکیل‌دهنده مواد آلی طبیعی

در خاک است. اعتقاد بر این است که غلظت  اسید هیومیک در یک گرم خاک در حالت طبیعی کمتر از $mg^{-1}$ ۱۰ L است اما همین مقدار نقش ویژه‌ای بر گونه‌های فلزی و انتقال، جذب و دفع آن‌ها دارد که از نظر زیست محیطی حائز اهمیت فراوان است و با حضور آن‌ها در محیط خاک به عنوان ماکرو مولکول در فاز کلوئیدی وضعیت فلزات پیچیده‌تر می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷; یگونرو همکاران، ۲۰۰۴). اسید هیومیک بخش خاص و با ثباتی از مواد هوموسی است که دارای تعامل با طیف گسترده ای از مواد از جمله فلزات و آلاینده‌های آلی موجود در آب و خاک می باشد(یتس و همکاران، ۱۹۹۷). اسید هیومیک می تواند رفتاری شبیه مواد محرک رشد، خصوصا هورمون های اکسینی، از خود بروز دهد و از این طریق موجب بهبود شاخص های رشد و عملکرد گیاهان گردد. اراضی خشک و نیمه خشک نوعاً با شرایط قلیایی مواجه هستند و اسید هیومیک بدلیل حلالیت بیشتر می تواند اثرات مثبتی بر رشد گیاهان داشته باشد. منتهی کمبود مواد آلی در این اراضی مشکل اصلی بحساب می آید(آرانکون و همکاران، ۲۰۰۶).

با توجه به توضیحات بالا اهداف اصلی این مطالعه عبارتند از:

۱- بررسی  و مقایسه تاثیر متقابل قارچ میکوریز و باکتری سودوموناس بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا

۲- بررسی و مقایسه تاثیر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا

بررسی و مقایسه تاثیر متقابل اسید هیومیک و باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا

۴- ارزیابی و مقایسه تاثیر توام کود های زیستی و آلی بر رشد گیاه

# فصل دوم

# بررسی منابع

## ۲-۱-محل پیدایش لوبیا

درسال ۱۵۳۳ میلادی لوبیا با نام مکزیکی اولیه اش «ایاکوک» از آمریکا به اروپا آورده شد و از آنجا به سایر نقاط جهان راه یافت واکنون همه ساله میلیون‌ها تن به مصرف می‌رسد و یکی از مواد غذایی نسبتاً ارزان و فراوان است. (شارون اندرسون، ۲۰۰۳)

## ۲-۲ -گیاهشناسی

لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris L.* گیاهی است یکساله، دولپه ای و از خانواده لگومینوز که دارای حدود ۲۵ -۲۰ درصد پروتئین و۶۰ -۵۵ درصد هیدروکربن است .(بارون و همکاران ۲۰۰۰) در بین حبوبات گسترده ترین سطح زیر کشت و همچنین بالاترین ارزش اقتصادی متعلق به لوبیا است (کوچکی، ۱۳۷۴ و بقایی،۱۳۷۷). لوبیا در بین حبوبات در جهان دارای بیشترین سطح زیر کشت بوده و در ایران، در سطحی حدود ۸۹ هزار هکتار کشت میشود(فائو، ۱۹۹۹ ). برگ‌های لوبیا متناوب و سه قسمتی است گل‌آذین محوری یا انتهایی بوده و دارای چند گل به رنگ سفید، صورتی، سوسنی یا ارغوانی است. شکل غلاف خطی حداکثر به طول ۲۰ سانتی‌متر، راست و گاهی کمی منحنی دارد. دانه‌ها از نظر اندازه، شکل و رنگ متنوع اند. جوانه زنی بذر نیز به صورت اپی‌جیه می‌باشد. (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

## ۲-۳- نیاز آب و هوایی

لوبیا گیاهی است حرارت دوست (ترموفیل) و در مناطقی که دارای آب و هوای گرم مانند آمریکای جنوبی باشند بخوبی رشد می‌نماید اما در مناطق معتدل و سردسیر معتدل نیز قابل کشت بوده و به خوبی محصول می‌دهد با این تفاوت که در مناطق گرمسیر آمریکای جنوبی بیش از یکبار در سال می‌توان آنرا کشت کرد اصولاً چون لوبیا یک کشت بهاره می‌باشد از نظر آب و هوا دارای محدودیت چندانی نمی‌باشد و در اکثر نقاط کشور می‌توان آنرا

کشت کرد. حداقل درجه حرارت برای جوانه زدن لوبیا بین ۱۰-۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. حرارت بهینه برای رشد و تکامل لوبیا ۲۰ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد بوده و مجموع درجه حرارت‌های موردنیاز برای رشد طبیعی آن از ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). لوبیا گیاهی با رشد سریع است بنابراین باید آب کافی در دسترس باشد تا رشد و عملکرد مطلوب آن تامین شود(خوشوقتی،۲۰۰۶).

شکل۲-۱ گیاه لوبیا

## ۲-۴- نیاز کودی

در زمین‌هایی که لوبیا کشت می‌شود باید مواد معدنی خاک به حد کافی بوده و مواد آلی خاک محافظت شود (یادگاری و برزگر،۱۳۸۶). کمبود مواد غذایی در خاک، به ویژه کمبود نیتروژن، فسفر و روی از تنش هایی غیر زیستی شایع در تولید لوبیا محسوب می شوند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). وجود عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، روی ، مولیبدن و آهن در افزایش گره بندی لوبیا بسیار مهم است (مکنزی و همکاران[۱۳]، ۲۰۰۱)

[۱۳] Mckenzie

## ۲-۵ – مشخصات قارچ میکوریز آربوسکولار

این قارچها عمدتا تشکیل اندام‌های مکنده‌ی منشعب (آربوسکول) را در داخل، و وزیکول‌هایی را در داخل یا ما بین سلول‌های ریشه میزبان می‌دهند که آن را میکوریز آربوسکولار می‌نامند. AMF یکی از معمولی‌ترین انواع میکوریز می‌باشند (علی‌اصغرزاد،۱۳۷۲). ریسه‌های بدون دیواره عرضی این قارچها وارد یاخته‌های ریشه‌ی تقریبا تمامی گیاهان زراعی، درختان جنگلی، گیاهان بوته‌ای، گونه‌های علفی و وحشی می‌شود (علی‌اصغرزاد،۱۳۷۶). در حال حاضر طبقه‌بندی قارچهای AM براساس پیشنهاد شوسلر و همکاران (۲۰۰۱) بصورت شاخه Glomeromycota در نظر گرفته می‌شود که شامل ۲۱۴ گونه که در ۱۹ جنس، ۱۳ خانواده و ۴ راسته، شامل Glomerales، Diversisporales، Paraglomerales و Archaeosporales قرار گرفته‌اند. در این میان جنس Glomus با بیش از ۷۰ گونه بزرگ‌ترین جنس در شاخه‌ی Glomeromycota است (ردکر و راب،۲۰۰۶). در کل، حدود ۸۰٪ گونه‌های گیاهی اعم از نهاندانگان و بازدانگان با این قارچها هم‌زیستی دارند؛ بجز برخی خانواده‌های گیاهی نظیر کروسیفر[۱۴]، کنوپودیاسه[۱۵]، کاریوفیلاسه[۱۶] و سیپراسه[۱۷] که توان هم‌زیستی میکوریزی را نداشته و یا در شرایط خاصی، بطور جزئی تشکیل می‌دهند (علی‌اصغرزاد،۱۳۷۹).

## ۲-۶-عوامل موثر بر همزیستی میکوریزی

### pH- ۱-۶-۲

بیش‌تر قارچهای میکوریزی در محدوده وسیعی از pH از ۹/۵ تا ۵/۵ فعالیت مناسبی دارند (کار، ۱۹۹۱). مناسب‌ترین pH برای تندش اسپور این قارچها، وابسته به pH خاکی می‌باشد که اسپورها از آن جدا شده اند (گیووانتی، ۲۰۰۰). در pH های اسیدی میزان کلنیزاسیون میکوریزی کم است و با افزایش pH خاک، کلنیزاسیون به‌طور معنی داری افزایش می‌یابد. فراوانی آربوسکول و وزیکول در گیاهان رشد کرده در خاک‌های

[۱۴]- Cruciferae
[۱۵]- Chenopdiaceae
[۱۶]- Caryophyllaceae
[۱۷]- Cyperaceae

قلیایی بیش‌تر از خاک‌های اسیدی است و همچنین فراوانی هیف‌ها در گیاهان رشد کرده در خاک‌های اسیدی بیش‌تر از آربوسکول و وزیکول است (کلارک و زتو، ۱۹۹۶).

**۲-۶-۲ -دما**

اثرات دما بر کلنیزاسیون میکوریزی پیچیده است و به واکنش‌های مختلف گیاه و قارچ بستگی دارد. درجه حرارت مناسب برای رشد قارچ میکوریز ۳۰ درجه سلسیوس است. در اغلب قارچ‌ها با افزایش دما تا حدود ۳۰ درجه سلسیوس، میزان کلنیزاسیون ریشه و تولید اسپور افزایش می‌یابد، ولی در بالاتر از آن به دلیل اختلال در رشد گیاه فعالیت قارچ نیز کاهش می‌یابد. دمای پایین‌تر از ۱۵ درجه سلسیوس نیز برای ایجاد همزیستی بازدارنده است (اسمیت و رید،۲۰۰۸؛ مستأجران و ضوئی، ۱۳۷۸). نتیجه تحقیقات کشت درون شیشه‌ای قارچ *Glomus intraradices*در محدوده دمایی ۴ تا ۳۰ درجه سلسیوس نشان داد که اسپور این قارچ در دمای پایین‌تر از ۱۲ در جه سلسیوس تندش نکرد (ویرهیلیق و باگو، ۲۰۰۵).

**$CO_2$ -۳-۶-۲**

در برخی از مطالعات مقدار مطلوب $CO_2$ برای افزایش معنی دار کلنیزاسیون میکوریزی قارچ‌های AM بسته به گیاه میزبان ۴-۲ درصد گزارش شده است (ناگاهاشی و دودز، ۲۰۰۳). در سیستم‌های درون شیشه‌ای بدون گیاه، افزایش غلظت $CO_2$ در محدوده ۲/۵ – ۰/۵درصد، رشد هیف‌های برون ریشه‌ای قارچ *Gigaspora margarita*را به طور معنی داری افزایش می‌دهد (پولین و همکاران، ۱۹۹۳). در سیستم‌های طبیعی که گیاه حضور دارد، غلظت بالای $CO_2$ با افزایش فتوسنتز گیاه، منجر به تولید فراوان ذخایر کربنی در اسپور قارچ‌های AM می‌شود و در نتیجه قدرت و سرعت ازدیاد اسپور این قارچ‌ها به طور معنی داری افزایش می‌یابد (باگو و همکاران، ۲۰۰۰).

### ۲-۶-۴ – رطوبت

قارچ‌های میکوریزی هوازی اجباری هستند، بنابراین رطوبت و تهویه خاک تأثیر قابل توجهی بر گسترش آن‌ها دارند(الیوریا و پامپولا، ۲۰۰۶). رطوبت بالای خاک با ایجاد شرایط بی‌هوازی، عامل بازدارنده خواهد بود و رطوبت پایین خاک، سبب کاهش توسعه قارچ‌های میکوریزی از طریق تأثیر بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه و قارچ و یا تأثیر بر قابلیت دسترسی عناصر غذایی می‌باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). در خاک‌های رسی فاقد تهویه مناسب، فعالیت میکوریزی متوقف می‌شود (مستأجران و ضوئی، ۱۳۸۵).

### ۲-۶-۵- نور

وجود نور مناسب باعث افزایش انشعابات هیف قارچ‌های AM شده در نتیجه سطح تماس ریشه با قارچ و امکان نفوذ هیف به درون ریشه و ایجاد همزیستی میکوریزی افزایش می‌یابد. نور کم باعث کاهش فتوسنتز گیاه، ریختن برگ‌ها و در نتیجه کاهش عرضه قند به قارچ‌ها شده و میزان همزیستی میکوریزی کاهش می‌یابد (اسمیت و رید، ۲۰۰۸) زیرا قارچ‌های AM همزیست اجباری ریشه گیاه هستند و برای فعالیت به کربن فراهم شده توسط گیاه میزبان نیاز دارند (فرول و پیرز، ۲۰۰۹).

### ۲-۶-۶ -غلظت عناصر غذایی

اثر مثبت قارچ‌های میکوریزی در رشد گیاه، عموما در خاک‌هایی دیده می‌شود که غلظت عناصر غذایی نظیر فسفر در فاز محلول کم‌تر باشد (علی اصغرزاد، ۱۳۷۶). مشاهده شده است که افزایش غلظت فسفر رابطه معکوس با میزان کلنیزاسیون میکوریزی دارد. ولی افزودن مقادیر کم فسفر در گیاهانی که مبتلا به کمبود شدید فسفر هستند، میزان کلنیزاسیون را افزایش می‌دهد. همچنین وجود تعادل در غلظت نیتروژن و فسفر موجود در محلول خاک بر کلنیزاسیون قارچ مؤثر است (غلامی و کوچکی، ۱۳۸۰؛ اسمیت و همکاران، ۱۹۹۲). علاوه بر فسفر، غلظت بالای یون‌های منگنز در محیط خاک مانع توسعه همزیستی میکوریزی می‌گردد (هایپر و اسمیت، ۱۹۷۶).

## ۲-۷-فواید قارچ‌های میکوریزی

امروزه استفاده ازسیستم‌های زراعی کم نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. استفاده ازکودهای بیولوژیک به منظورکاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکردگیاهان، یک مسئله مهم درجهت حرکت به سمت کشاورزی پایداراست (عباس‌زاده، ۱۳۸۴). قارچ‌های میکوریزی یکی از انواع کودهای زیستی بوده که دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان می‌باشد و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی ، افزایش جذب آب ، افزایش مقاومت در مقابل تنش‌های زنده(عوامل بیماری زا) و غیر زنده(خشکی، شوری و...)، ایجاد ارتباط سینرژیستی با میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و تثبیت‌کننده‌های نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه مانند اکسین و سیتوکسین سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می-شوند(ویلیامز، ۱۹۹۲). مهم‌ترین و معتبرترین تأثیر رابطه همزیستی با قارچ‌های میکوریزی، افزایش جذب عناصر غذایی معدنی بویژه فسفردر گیاه میزبان می‌باشد(شیرانی راد و همکاران، ۱۳۷۹).افزایش جذب فسفر و دیگر عناصر غذایی به وسیله هیف‌های قارچی، سازوکار اولیه تحریک و تسریع رشد گیاه به وسیله قارچ‌های میکوریزی می‌باشد(فیلیپس و هایمن، ۱۹۷۰). همزیستی میکوریزی سبب تسهیل در جذب فسفر، نیتروژن و کلسیم، افزایش رشد ریشه‌های موئین، افزایش جذب آب و کارایی بیشتر استفاده از آب، تشدید فعالیت تثبیت نیتروژن به دلیل بهبود تغذیه گیاهان میزبان، افزایش در تولیدات هورمون‌های گیاهی و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود (هارش و همکاران، ۲۰۰۶).

## ۲-۸-فاکتورهای مؤثر بر همزیستی میکوریزی

مصرف کودهای شیمیایی فسفر (فی و همکاران، ۱۹۹۶)، نیتروژن (الکساندر و فیبرلی، ۱۹۸۳) سبب کاهش میزان همزیستی میکوریزا با گیاهان می‌گردد. همچنین میکروارگانیسم‌های خاک گسترش و استقرار همزیستی قارچ میکوریزا را تحت تاثیر قرار می‌دهند هر چند الگوی پاسخ گویی به وضوح روشن نگردیده است در برخی

موارد اشاره به روابط منفی (ویسس و همکاران، ۱۹۹۲) و در برخی به روابط مثبت (میر و لیندمان، ۱۹۸۶) و در سایر مطالعات به عدم اثر متقابل بین میکروارگانیسم‌ها و قارچ اشاره گردیده است (ادواردز و بتر، ۱۹۹۲).

## ۲-۹-اثر همزیستی میکوریزا بر رشد و عملکرد گیاه

محققان اظهار نمودند که یکی از مهمترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزی افزایش عملکرد گیاهان زراعی خصوصاً در خاک‌هایی با حاصلخیزی پایین است (کارلینگ و برون، ۱۹۸۲). این افزایش عملکرد به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ مسیلیوم قارچ در خاک و به دنبال آن دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می‌باشد (کارلینگ و برون، ۱۹۸۲).

پژوهش‌ها نشان می‌دهد نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی تأمین فسفر برای رشد گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است. حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت به اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیر متحرک درمی‌آید (تارک و همکاران، ۲۰۰۶). محققان گزارش کردند که همزیستی میکوریزایی از طریق بهبود گسترش هیف‌های قارچ در منافذ خاک، به طور فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر در پیکره رویشی گیاه رازیانه شد و متعاقب آن با افزایش وزن خشک گیاه سبب بهبود غلظت فسفر در دانه رازیانه گردید (کاپور و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از قارچ میکوریزا سبب افزایش رشد و بیوماس گیاه می‌گردد. این قارچ‌ها افزایش بیوماس را به وسیله افزایش جذب آب، مواد معدنی و تولید هورمون‌های رشد انجام می‌دهند. تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین به وسیله این قارچ‌ها اثبات شده است (اسویفت، ۲۰۰۴). رجالی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند، افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه گندم توسط قارچ میکوریزا از طریق جذب بهتر آب و مواد معدنی باعث افزایش رشد گیاه و افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه گردید. توسلی و علی اصغرزاده (۱۳۸۸) بیان کردند که تلقیح گیاهچه‌های پیاز با قارچ میکوریزا علاوه بر افزایش غلظت فسفر، غلظت سدیم، کلر، روی، پتاسیم، مس و کل نیتروژن گیاه افزایش یافت. همزیستی میکوریزا بر چندین جنبه فیزیولوژیکی گیاه

مانند ریشه گیاه، کسب مواد مغذی، حفاظت گیاه و چرخه مواد غذایی تاثیر دارد (کاپولینگ و دودز، ۲۰۰۲) همچنین از طریق فرآیندهای کلیدی اکولوژیکی برای بهبود اندام‌های گیاه و کیفیت خاک بسیار اهمیت دارد (واندرهجدن و ساندرز، ۲۰۰۲).

## ۲-۱۰-باکترهای ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR)[۱۸]

### ۲-۱۰ -۱-ریزوسفر

بوون و روویرا (۱۹۹۹) ریزوسفر را منطقه نازکی (حدودا mm ۳- ۱) از خاک اطراف ریشه گیاهان تعریف کردند که فعالیت ریزموجودات در این منطقه تحت تاثیر ترشحات ریشه‌ای قرار می گیرد. برهم کنش‌های مفید بین ریزموجودات و گیاه در ریزوسفر، سلامتی گیاه و حاصلخیزی خاک را در پی دارد(جفری و همکاران، ۲۰۰۳). باکتری های موجود در منطقه ریزوسفر گیاه بر حسب نوع تاثیر بر گیاه به چهار گروه مفید، مضر، خنثی و متغیر تقسیم می‌شوند، باکتری های ریزوسفر مفید، باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه نامیده می شوند.

### ۲-۱۰-۲- انواع باکتری های محرک رشد

باکتری‌های مختلفی در فهرست باکتری های محرک رشد قرار گرفته اند که متداول‌ترین آنها عبارت از: *Azospirillum* ،*Azotobacter*،*Entrobacter*،*Bacillus*،*Artrhobacter*،*Flavobacterrium* و *Pseudomonas* می‌باشند. گونه سودوموناس فلورسنس یکی از اصلی ترین جمعیت های باکتریایی ریزوسفر است (بنیزری و همکاران، ۲۰۰۱). چندین مطالعه روی جمعیت باکتریایی محیط ریشه‌ای گیاهان نشان داده که سودوموناس های فلورسنس گروه مهمی از ریزوباکتری‌ها را تشکیل می‌دهند (ولاساک و همکاران، ۱۹۹۲). جدایه های خاصی از سودوموناس های فلورسنت عمدتاً (*P. fluorescens* و *P.putida*) رشد گیاهان را تحریک می‌کنند و بدین ترتیب در افزایش عملکرد آن ها نقش ایفا می‌کنند (اسچیپر و همکاران، ۱۹۸۷).در

[۱۸]- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

میان باکتری های محرک رشد گیاه، باکتری جنس سودوموناس (دو گونه فلورسنس و پوتیدا ) به دلیل توزیع گسترده ی آنها در خاک، توانایی کلونیزاسیون ریزوسفر بسیاری از گیاهان و تولید طیف متنوعی از متابولیت ها اهمیت ویژه ای برخوردارند. این باکتری ها دارای طیف گسترده ای از صفات محرک رشد گیاهی مانند تولید اکسین، تولید آنزیم ACC دآمیناز حل کنندگی فسفات، تولید سیدروفور، سالسیلیک اسید، کیتیناز و سیانید هیدروژن می باشند که به طور مستقیم یا غیرمستقیم باعث افزایش رشد گیاه می گردند.(عباس زاده، ۱۳۸۸). باکتری های آزادزی ریزوسفر را که به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود رشد و سلامت گیاه می شوند ، باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه می نامند (اصغر و همکاران، ۲۰۰۲) .در روش غیر مستقیم باکتریهای محرک رشد با استفاده از مکانیسم های خاصی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را تعدیل نموده و به این طریق موجب افزایش رشد گیاه می شوند. اما در روش مستقیم این باکتریها با تثبیت آزادزی نیتروژن، تولید متابولی تهای مؤثر در رشد گیاه، مانند هورمون های گیاهی(اکسین، سیتوکینین، جیبرلین )، افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول مثل فسفر و پتاسیم از طریق تولید اسیدهای معدنی و آلی، تولید سیدروفورها و افزایش فراهمی عناصر کم مصرف بویژه آهن و دآمیناز ۳ مؤثر در کاهش اثرات سوء اتیلن تنشی، به ACC تولید آنزیم رشد بهتر گیاه کمک می کنند. ( گلیک و همکاران،۱۹۹۹) تعداد زیادی از باکتریهای دآمیناز، پیش ماده تولید اتیلن در گیاه ACC با تولید آنزیم PGPR را به آمونیوم و آلف اکتوبوتیرات ۴ هیدرولیز کرده و مانع ACC یعنی تولید بیش از حد اتیلن تنشی درگیاه و کاهش رشد ریشه می شوند.

**۲-۱۰-۳- باکتری های حل کننده فسفات**

در میان باکتر ی های شناخته شده جنس های *Rhizobium* ، *Bacillus*، *Pseudomonas* از جمله قویترین حل کننده های فسفات به شمار می روند (خان و همکاران۲۰۰۹ رودریگز و فراگا ۱۹۹۹). لازم به ذکر

است که در بین قارچ های حل کننده فسفات دو گونه*Penicillium* و *Aspergillus* حل کننده های فسفات خوبی به شمار می آیند (خان و همکاران ۲۰۰۷ ).

**۲-۱۰-۴-ویژگی‌های مهم باکتری‌های خانواده سودوموناسه:**

در بین باکتری‌های گرم منفی خانواده Pseudomonadaceae گروه بزرگ و مهمی محسوب می گردد. اعضا این گروه به فراوانی در محیط‌های طبیعی آب، خاک و حتی همراه با گیاهان و حیوانات به صورت میکروفلور نرمال و یا به عنوان عامل بیماری زا یافت می‌شوند. از نظر مورفولوژی این باکتری‌ها گرم منفی بدون اسپور، میله‌ای خمیده یا صاف و متحرک با یک یا چند تاژک قطبی می باشند.

چهار جنس *Pseudomonas*، *Xanthomonas*، *Zoogloea*، *Frateuria* در این خانواده جای دارند. همه این جنس‌ها شیمیوارگانوتروف، دارای متابولسیم تنفسی (غیر تخمیری) و فاقد توان فتوسنتز هستند و به علت داشتن نیازهای غذایی ساده به راحتی بر روی محیط‌های پایه‌ای رشد می‌کنند. به دلیل هوازی بودن و متابولیسم اکسایشی، نقش مهمی در چرخه کربن بر عهده دارند.

**۲-۱۱- مواد هیومیک**

ماده آلی متشکل از اجزای مختلف با طیف وسیع از نظر وزن، واکنش‌پذیری و ماهیت شیمیایی است (استونسون، ۱۹۷۶) که شامل مواد هیومیکی و مواد غیر هیومیکی می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). بنا بر نظر مککارتی (۱۹۸۹) مطالعه علمی بسترهای هیومیکی به بیش از ۲۰۰ سال پیش باز می‌گردد. مواد هیومیکی مخزن منبع، کربن در آب و خاک هستند. مواد هیومیکی در خاک‌ها، اقیانوس‌ها، اعماق دریاچه‌ها و به طور کلی در محل تشکیل خود یافت می‌شوند. این مواد اغلب در اثر تجزیه هوازی و بی‌هوازی بقایای گیاهی به صورت

سنتزهای ثانویه موجودات زنده به وجود آمده‌اند. مواد هیومیک ۶۰٪ تا ۸۰٪ از مواد آلی غیر زنده خاک را تشکیل می‌دهد (تورمان و همکاران، ۱۹۸۱). در چرخه کربن فرایند هوموسی شدن (هومیفیکیشن)[۱۹] بعد از فتوسنتز در رده‌ی دوم اهمیت قرار دارد (هونگو و همکاران، ۲۰۰۵). مواد هیومیک در حین تجزیه بیوشیمیایی و شیمیایی موجودات زنده بر روی بقایای گیاهی و حیوانی حاصل می‌شوند. واکنش‌های سنتز بیوپلیمر توسط موجودات زنده و تشکیل مواد هیومیک به جز بازمانده‌هایی که از تجزیه کامل در امان هستند و ساختمان مشخصی دارند از واکنش‌های استوکیومتری تبعیت نمی‌کند. در نتیجه ساختمان طبیعی مواد هیومیک از نظر عناصر موجود غیر استوکیومتری و از نظر ساختمان نامنظم و دارای واحد ساختمانی مشخص نیست (کلینهمپل، ۱۹۷۰). تفاوت در سن، منشا و ژنتیک باعث تشکیل ترکیباتی با خواص شیمیایی و مورفولوژیکی متفاوت می‌شود. مواد هیومیکی اغلب به صورت زنجیره های بلند کربنی با وزن مولکولی بالا در حدود ۵۰۰ تا ۱۰/۰۰۰/۰۰۰ دالتون هستند که این مقدار بستگی به نوع مواد هیومیکی و روش اندازه‌گیری دارد. ترکیبات موجود در مواد هیومیک به چگونگی و شرایط تجزیه بقایا مثل دما، pH و پتانسیل اکسایش و کاهش وابسته است (اوانگلو و همکاران، ۲۰۰۱). ترکیبات هیومیکی به صورت پلیمرهای بی شکل (آمورف[۲۰]) تیره رنگ و سنتز شده از ترکیبات زیست توده یا متابولیت‌های بیوشیمیایی و یا شیمیایی در محیط زیست هستند (استونسون، ۱۹۸۲). بسترهای هیومیکی در ابتدا ترکیباتی هستند که آسان تجزیه می‌شوند و بعد از آن طی فرآیندهای تراکم-پلیمر شدن و واکنش‌های اکسید شدن نهایی به ساختمان‌های با ثبات بالاتر می‌رسند (کامادا ۱۹۸۷; لو و همکاران، ۲۰۰۲). این مراحل مطابق با پیشرفت در درجه هیومیکی شدن غالبا سبب تشدید در شدت بازی و تیرگی به ویژه برای اسید هیومیک خاک و بخش‌های محلول در باز و نامحلول در اسید است (کیانی راد، ۱۳۸۸). مواد هیومیک شامل هیومین، اسید هیومیک و اسید فولویک است. هیومین بخش نامحلول در تمامی محدوده‌ی pH است. اسید هیومیک در pH اسیدی نامحلول و اسید فولویک بخش محلول درتمامی محدوده-

[۱۹] Humification
[۲۰] Amorph

های pH است. به عنوان مثال هیومین در pH<۲ نامحلول است و اسید هیومیک در pH معادل۳ رسوب می-کند(زو و همکاران، ۲۰۰۰). نوع مواد هیومیک در خاک کاملا وابسته به محیط تشکیل خاک است مثلا در خاک مالی‌سول مواد هیومیک کاملا تجزیه یافته بیشتر حضور دارد بخش هیومین در ورتی‌سول و اسید فولویک در اسپودوسول‌ها و اسید هیومیک هم در لئوناردیت ( نوعی ذغال سنگ) دیده می‌شود (کیانی راد، ۱۳۸۸).

## ۲-۱۲- چگونگی تشکیل مواد هیومیک

نظریه‌های متعددی در مورد چگونگی تشکیل مواد هیومیکی طی پوسیدگی بقایای گیاهی و حیوانی پیشنهاد شده است که به اصلی‌ترین آن‌ها در زیر اشاره شده است.

### ۲-۱۲- ۱- نظریه لیگنین

برای سال‌های متمادی تصور بر این بود که مواد هیومیک از لیگنین استنتاج می‌شوند. براساس این تئوری، لیگنین حاصل از تجزیه ناکامل باقی‌مانده‌های گیاهی و حیوانی خاک است که توسط موجودات زنده خاک ایجاد شده و بخشی از هوموس خاک را تشکیل می‌دهد. تغییر در لیگنین شامل از دست رفتن گروه‌های متوکسیل ($OCH_3$) و تشکیل هیدروکسی فنول و اکسیداسیون زنجیره جانبی آلیفاتیک به شکل گروه‌های کربوکسیلیک (COOH) است. این مواد تغییر یافته طی تغییرات ناشناخته‌ای تشکیل اسید هیومیک و سپس اسید فولویک می‌دهند (کیانی راد، ۱۳۸۸).

### ۲-۱۳- ۲- نظریه پلی‌فنول

در این نظریه لیگنین، باز نقش مهمی در سنتز هوموس (اما از راه متفاوت با نظریه لیگنین) دارد. در این مورد آلدهیدهای فنلی و اسیدهای آزاد شده از لیگنین طی تجزیه میکروبی تحت‌تاثیر تغییرات آنزیمی به کینون‌ها تبدیل و در حضور یا عدم حضور ترکیبات آمینه به ماکرومولکول‌های هیومیکی پلیمریزه می‌شوند. طبق این

نظریه پلی‌فنول‌ها از منابع کربنی بدون لیگنین (به‌عنوان مثال، سلولاز) به‌واسطه ریزسازواره‌ها سنتز و به دنبال اکسیداسیون آنزیمی به کینون‌ها و سپس مواد هیومیکی تبدیل می‌شود. با توجه به مفاهیم فعلی کینون‌های با منشا لیگنین به‌همراه آنچه توسط ریزسازواره‌ها سنتز می‌شود، واحد ساختمانی اصلی برای شکل‌گیری مواد هیومیک است. تشکیل مواد قهوه‌ای رنگ به واسطه‌ی واکنش‌هایی که کینون‌ها در آن درگیر باشند، از واقعه نادری نیست. منابع احتمالی فنول جهت سنتز هوموس شامل لیگنین، ریزسازواره‌ها، فنول‌های ترکیب نشده در گیاهان و تانن‌ها هستند که از بین آنها فقط دو ترکیب نخست مورد توجه جدی است (استونسون، ۱۹۸۲).

### ۲-۱۲- ۳- نظریه تراکم قند- آمین

این تصور که هوموس از قند تشکیل می‌شود، به دانسته‌های اولیه در مورد شیمی هوموس برمی‌گردد. با توجه به این نظریه با کاهش قندها و اسیدهای آمینه به‌عنوان محصولات جانبی متابولیسم میکروبی، تحت پلیمریزاسیون غیرآنزیمی تشکیل پلیمرهای نیتروژنی قهوه‌ای طی دهیدراسیون محصولات در دمای متوسط تولید می‌شود. ایراد اصلی به نظریه فوق، پیشرفت کند واکنش در درجه حرارت معمول خاک است. با این حال تغییرات شدید و مکرر در محیط خاک (انجماد و ذوب، خیس و خشک شدن) به‌همراه درآمیختن واکنش‌دهنده‌ها با مواد معدنی دارای ویژگی‌های کاتالیزوری، ممکن است تراکم را تسهیل ببخشد. واکنش اولیه در تراکم قند- آمین علاوه بر اضافه شدن آمین به گروه آلدهید قند و تشکیل گلیکوزیل N- استخلاف شده[۲۱] است. این ترکیب تشکیل ۱- N-substituted- amino-deoxy-۲-ketone می‌دهد. سپس قطعه قطعه شده و تشکیل زنجیره سه کربنی آلدهید و کتون مثل استول[۲۲] و غیره، دهیدراته شده و تشکیل reductones hydroxymethyl furfurals می‌دهد. تمامی این ترکیبات بسیار واکنش‌پذیر و به‌آسانی پلیمره شده و در حضور ترکیبات آمین به فرم ترکیب قهوه‌ای رنگ درمی‌آید (استونسون، ۱۹۸۲)

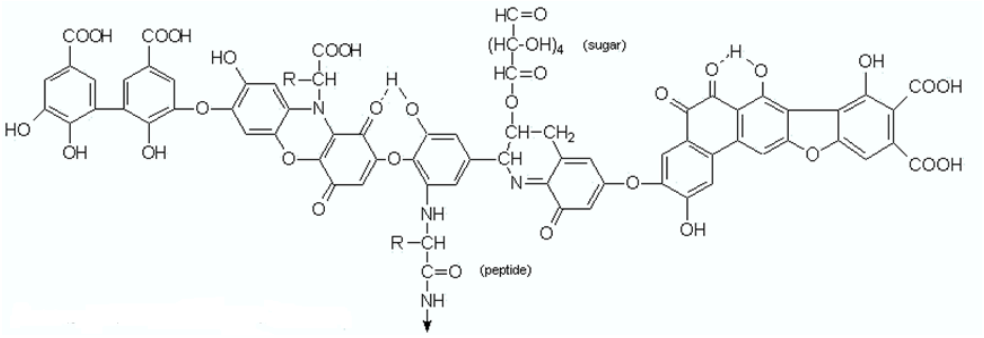
[۲۱] glycocylamine N-substituted
[۲۲] Acetol

## ۲-۱۳- ساختار اسید هیومیک

طیف‌سنجی رزنانس مغناطیسی هسته با کربن ۱۳ ($^{13}C$ NMR) نشان دهنده آن است که ۶۰-۲۰ درصد از کربن موجود در ساختار مواد هیومیکی ترکیبات آروماتیک هستند (تورن[۲۳] و همکاران، ۱۹۸۹). گروه‌های عاملی چند اتمی و ناهمگن شامل فنول و دیگر الکل‌ها، کتون/کینون، آلدهید، کربوکسیلیک اسید، گروه‌های آمین و نیترو و گروه‌های سولفور مثل مرکاپتان، سولفات و سولفونات حضور دارند. پلی‌مرهای اسید هیومیک در اندازه-های کلوئیدی با وزن متوسط $5\times10^4$ دالتون هستند. بررسی‌ها نشان داد که اسید هیومیک ذرات کروی با قطر ۸۰-۱۰۰ Å (فلیگ و همکاران، ۱۹۷۵) و ساختمان شبکه بندی شده[۲۴] برای آن‌ها گزارش شده است (کیانی راد، ۱۳۸۸). شکل ۲-۱ مدل ساختار تراکم گروه‌های عاملی پیشنهاد شده برای اسید هیومیک را نشان می‌دهد (استونسون، ۱۹۸۲). بر مبنای این مدل ساختار اسید هیومیک را به عنوان یک پلیمر میتوان در نظر گرفت که شامل گروه‌های عاملی متعدی است که از تراکم بخش‌های مختلف ایجاد شده است (اسپارکس، ۲۰۰۳).

اسید هیومیک دارای گروه‌های عاملی حاوی O و N در ساختار خود است. محل‌های پیوندی واقع بر روی COOH و فنولیک اسید هیومیک ، بخشی از CEC ماده آلی خاک است. این ترکیبات دارای ساختمان‌های آروماتیک و مشابه لیگنین به عنوان یک پلی‌فنول طبیعی می‌باشند. مطالعات NMR وجود ساختمان‌های الکلی در ساختار اسید هیومیک را نشان داده است. بررسی‌ها بر روی اسید هیومیک خاک نشان داد که فقط حدود ۶۵٪ کربن در ساختارهای آروماتیک و کربوکسیل وجود دارد. محققین زیادی در مورد ترکیب این مواد بحث کرده‌اند (کیانی راد، ۱۳۸۸). با وجود اینکه مواد هیومیکی از منابع متعددی هستند ولی همگی سازماندهی یکسان ساختمانی دارند و ماکرومولکوهایی هستند که در آن‌ها فراوانی گروه‌های عاملی آروماتیک، کربوکسیل، فنول، کربونیل، هیدروکسیل و واحدهای آلیفاتیک، زنجیرهای پلی‌ساکارید و پلی‌پپتید و غیره بالا است (استونسون، ۱۹۹۴).

[۲۳] Thorn
[۲۴] Cross-linked




**شکل۲-۲- ساختمان فرضی اسید هیومیک (استونسون، ۱۹۸۲)**

## ۲-۱۴- استخراج اسید هیومیک

جداسازی مواد هیومیک از منابع طبیعی مانند خاک، کمپوست، کودهای دامی، زغال‌های نارس[۲۵]، پیت‌ها و غیره همیشه مورد چالش متخصصان قرار گرفته است (استونسون، ۱۹۹۴; اسپارکز ۱۹۹۵; هیز و گراهام ۲۰۰۰). روش استخراج مواد هیومیک بر اساس آب‌دوست و یا آب‌گریز بودن آنها متفاوت است. در مورد مواد آب‌گریز معمولا از حلال‌های غیرقطبی استفاده می‌شود. درحالی‌که در روش استخراج مواد هیومیک آب‌دوست، از عصاره-گیرهای قلیایی و تولید نمک مواد هیومیک استفاده می‌شود (کامپیتلی و همکاران، ۲۰۰۶).

اکثر بررسی‌های به عمل آمده در مورد استخراج مواد هیومیک دارای ویژگی‌های آب دوست صورت گرفته است. در محیط آبی مواد هیومیک و غیر هیومیک وارد فاز محلول شده در این شرایط پل‌های یونی شکسته شده و موجب می‌گردد که مولکول‌های مواد غیر هیومیک مانند اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، قندها، اسیدهای چرب و غیره از مواد هیومیکی جدا شوند (هیز و گراهام ۲۰۰۰). تا اوائل دهه۷۰ اکثر مطالعات در هیومیک بر روی مواد استخراج شده از خاک صورت می‌گرفت. مطالعات زیادی بر روی اسید هیومیک و اسید فولویک صورت گرفته و مطالعه روی بخش هیومین نسبتا اندک انجام شده است (کیانی راد، ۱۳۸۸).

[۲۵] Raw coal

# فصل سوم

# مواد و روش ها

## ۳-۱ -آماده‌سازی زادمایه قارچی

برای تهیه زادمایه قارچی قارچ میکوریز آربوسکولار گونه*Glomus etunicatum* (اخذ شده از آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه تبریز) در بستر خاک لوم شنی استریل با میزبان گیاهی سورگوم، به مدت ۴-۳ ماه تکثیر شد. در این مدت از ۱۶ ساعت روشنایی (با نور تکمیلی فلورسنت) و ۸ ساعت تاریکی استفاده شد. آبیاری گیاهان با آب مقطر و در فواصل منظم از محلول غذایی راریسون[۲۶] با نصف غلظت فسفر استفاده شد.

**جدول ۳-۱ ترکیب محلول غذایی راریسون (راریسون، ۱۹۸۷)**

| نام محلول مادری | ترکیب | مقدار (گرم) | آب مقطر (میلی لیتر) |
|---|---|---|---|
| A | $MgSO_4.7H_2O$ | ۶۲.۰۱ | ۵۰۰ |
| B | $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ | ۱۱۹.۰۲ | ۵۰۰ |
| C | $K_2HPO_4.3H_2O$ | ۵۷.۶۹ | ۵۰۰ |
| D | FeEDTA | ۶.۲۵ | ۵۰۰ |
| | $MnSO_4.4H_2O$ | ۰.۵۶ | |
| | $H_3BO_4$ | ۰.۷۱۶ | |
| | $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ | ۰.۰۴۶ | |
| | $ZnSO_4.7H_2O$ | ۰.۱۱ | |
| | $CuSO_4.5H_2O$ | ۰.۰۹۹ | |
| E | KCl | ۲۰.۸۵ | ۵۰۰ |

برای تهیه محلول غذایی راریسون، دو میلی لیتر از هر یک از محلول‌های مادری A،B،C و D به یک لیتر آب مقطر اضافه می‌شود، ولی در تحقیقات میکوریز، از محلول C به جای دو میلی لیتر، یک میلی لیتر برداشته (به علت وجود فسفر) و به جای یک میلی لیتر باقی مانده از محلول E ، یک میلی لیتر برداشت شد.در فواصل ۴۵ روز و ۳ ماه پس از کشت گلدانی، نمونه‌برداری و رنگ‌آمیزی ریشه به منظور ارزیابی میزان تکثیر قارچ در گلدان-ها انجام شد. پس از اطمینان از تکثیر قارچها و کلنیزاسیون ریشه ها بخش هوایی گیاهان را قطع کرده و با

[۲۶] Rrison

قیچی استریل، ریشه های داخل خاک را خرد کرده و مخلوط داخل گلدان که حاوی هیف، اسپور و ریشه های میکوریزی بود به عنوان زادمایه استفاده شد(علی اصغرزاد و همکاران،۲۰۰۱).

### ۳-۲-آماده سازی زادمایه باکتری

گونه باکتری *Pseudomonas putida* از آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه تبریز دریافت و مراحل زیر انجام گردید:

#### ۳-۲-۱-تهیه زادمایه

ابتدا درون ارلن‌های شیشه‌ای ۱۰۰ میلی لیتری مقدار ml ۱۵ محیط کشت NB[۲۷] ریخته شد و ارلن‌ها در دمای $^{0}C$ ۱۲۱ و فشار یک اتمسفر درون اتوکلاو به مدت ۱۵ دقیقه استریل شدند. پس از سرد شدن ارلن‌ها، محیط کشت درون هر ظرف توسط یک لوپ از نمونه باکتری تلقیح شدند و کشت‌ها به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت (بسته به سرعت رشد باکتری) در دمای حدود $^{0}C$ ۲۸ بر روی هم‌زن دورانی با سرعت چرخش ۱۲۰ دور در دقیقه هوادهی شد. پس از رشد کافی باکتری درون محیط کشت، ابتدا دانسیته نوری (OD)[۲۸] سوسپانسیون‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۷۰ نانومتر قرائت و آنگاه با استفاده از منحنی رشد (OD-CFU) و بر اساس فاکتور رقت[۲۹] و از طریق افزودن مقادیر لازم آب مقطر استریل جمعیت باکتری در تمامی سوسپانسیون‌ها در حد $۴\times۱۰^{۹}$ $cfu.ml^{-۱}$ تنظیم شد . به این ترتیب امکان برداشت و کاربرد تعداد یکسان سلول باکتری زنده برای آزمون‌های مورد نظر فراهم شد.

[۲۷] Nutriant broth
[۲۸]- Optical Density
[۲۹]- Dilution Factor

### ۳-۳-استخراج اسید هیومیک:

اسید هیومیک (HA) در تیمار های آزمایشی با روش کی و همکاران (۲۰۰۴) استخراج شد. برای این منظور نمونه های ورمی کمپوست با نسبت ۱:۱۰ (مایع : جامد) با سود نیم مولار مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت (زمان استخراج) در اتاق تاریک با شدت ۱۶۰ دور در دقیقه شیک شدند. فاز محلول از فاز رسوب با سانتریفیوژ (rpm ۶۰۰۰) جداسازی و با HCl شش مولار به pH< ۲ رسانده شد تا اسید هیومیک رسوب کرده و از اسید فولویک جداسازی شود. اسید هیومیک جداسازی شده با HCl:HF (۰/۳: ۰/۱ مولار) خالص سازی و با آب مقطر تا زمانی که pH به حدود ۴-۵ برسد، شسته شد و در نهایت در دمای زیر ۵۰ درجه سانتی گراد خشک گردید.

### ۴-۳ -انتخاب رقم و آماده‌سازی بذر لوبیا

بذر گیاه لوبیا( *Phaseolus vulgaris L*) رقم C.O.S۱۶ از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه شد. این رقم مقاوم به خشکی می باشد.

### ۵-۳-آماده‌سازی خاک برای کشت گلدانی

خاک مورد نظر برای این آزمایش یک خاک با بافت متوسط بوده و ازایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان از عمق ۰-۲۵cm برداشت شده و پس از عبور از الک ۴mm باروش آفتاب دهی[۳۰] استریل شد.

### ۱-۵-۳-روش آفتاب دهی :

در این روش خاک عبور داده شده از الک ۴mm در گلخانه ای شیشه ایی به عمق ۳ سانتی متر پخش شدیک آبیاری سبک قبل از پلاستیک کشی انجام و سپس سطح خاک با استفاده از پلاستیک شفاف با ضخامت ۲۵ میکرون پوشانده شد به منظور جلوگیری از صدمات ناشی از باد کیسه های دو کیلویی ماسه در فاصله مشخص روی آن گذاشته شد خاک زیر پلاستیک به مدت ۶ هفته استریل شد و در این مدت دمای زیر خاک هر ۳ روز

[۳۰] Solarization

یکبار کنترل می شد دمای میانگین ۵۳ درجه سانتی گراد بود. اصلی ترین اثر آفتاب دهی خاک ، کنتزل عوامل بیمارگر خاکزی است اما این تکنیک تاثیرات سودمند دیگری هم دارد که منتج به افزایش رشد رویشی گیاه می گردد . چنین تاثیراتی شامل کنترل علف های هرز و آزاد سازی و قابل استفاده شدن عناصر غذایی و افزایش جمعیت ارگانیسم های مفید در خاک می باشد که برای گیاه بسیار سودمند است.

خاک مورد نیاز برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از غربال ۲ mm و خاک مورد نیاز برای کشت گیاه از غربال ۴ mmعبور داده شد.

- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به شرح زیر اندازه‌گیری شدند: (کارتر و گریگوریچ، ۲۰۰۸):

-اندازه گیری pH خاک با روش عصاره گل اشباع با دستگاه pH متر

-اندازه گیری EC با روش عصاره گل اشباع با دستگاه ECمتر

- اندازه گیری بافت خاک با روش هیدرومتر

- اندازه گیری رطوبت ظرفیت مزرعه با روش صفحه فشاری

- فسفر قابل جذب با روش اولسن

- پتاسیم قابل جذب (استات آمونیوم۷=pH)

- درصد کربن آلی با روش والکی بلک

- اندازه گیری نیتروژن کل خاک به روش کجلدال

### ۳-۵-۲-برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش گلخانه‌ای در جدول (۳-۱) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود خاک غیر شور، با ماده آلی کم و دارای بافت سبک می‌باشد.

**جدول ۳-۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده**

| بافت | FCدرصد وزنی | pH | OC% | $EC_e$(dS/m) | K(mg/kg) | P(mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شن لومی | ۱۲ | ۷/۸۱ | ۰/۱۲۸ | ۱/۱ | ۱۸۲/۶ | ۴/۴ |

### ۳-۵-۳-کشت گیاه و اعمال تیمارها

به هر گلدان به اندازه ۳ کیلوگرم خاک استریل اضافه شد. به منظور اعمال تیمارهای قارچی،۷۰ گرم زادمایه به صورت یک لایه نازک در عمق ۵ سانتی متری از سطح خاک قرار داده شد و در تیمارهای بدون قارچ، به همان مقدار زادمایه قارچی ابتدا اتوکلاو و سپس به خاک اضافه شد. برای انتقال باکتری به خاک گلدان، زادمایه جامد باکتری با حامل پرلیت استریل مخلوط گردیده و زادمایه به صورت لایه نازک در هر گلدان زیر بذر قرار گرفته و سپس روی آن خاک اضافه شد و برای تیمارهای بدون باکتری به همان مقدار محیط کشت بدون باکتری به همراه حامل پرلیت به خاک اضافه شد اسید هیومیک مستخرج از ورمی کمپوست به صورت پودری مصرف شد و برای تیمارهای سطح ۲ به مقدار ۲۰۰میلی گرم در کیلوگرم گلدان و به تیمارهای سطح ۳ به مقدار ۴۰۰میلی گرم در کیلوگرم گلدان ها اضافه و به خوبی با خاک مخلوط شد. شرایط رشد گیاه در گلخانه، درجه حرارت روز در حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد توسط نور خورشید و در شب حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد بود . پس از اعمال تیمارهای میکروبی بذور استریل شده‌ی لوبیا به تعداد ۵ بذر در هر گلدان کشت شد. رطوبت تمامی گلدان‌ها در سطحFC ۰/۹ تنظیم شده و جهت آبیاری، از آب مقطر با توزین گلدان‌ها در فواصل معیّن استفاده شد.

### ۳-۶- اندازه‌گیری برخی از صفات گیاه

پس از ۴ ماه رشد رویشی و رسیدگی کامل بذرها، پارامترهای زیر در گیاه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند:

### ۳-۶-۱- اندازه‌گیری وزن تر بخش هوایی و ریشه

هنگام برداشت، بخش هوایی گیاه از سطح خاک قطع شد و وزن تر به دست آمد. بعد از تعیین وزن تر، بـذرها از گیاه جدا شده و بعد از برداشت بخش هوایی، خاک گلدان‌ها را روی پلاستیکی خالی کرده و بعد از گذشت مدت زمانی که خاک نیمه مرطوب شد، از الک عبور داده و ریشه‌ها از خاک جدا گردید. سپس ریشه‌ها را با آب مقطـر شست و شو داده، بعد از خشک کردن آب اضافی، وزن تر آن به دست آمد.

### ۳-۶-۲- اندازه‌گیری وزن خشک بخش هوایی و ریشه

برای تعیین وزن خشک، بخش هوایی و ریشه‌ها در پاکت‌های مجزا، در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مـدت ۴۸ ساعت در آون قرار داده شد. بعد از تعیین وزن خشک، تمام نمونه‌های گیاهی جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر با آسیاب برقی بصورت پودر همگن درآورده شد.

برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ ± گرم استفاده شد.

### ۳-۶-۳-تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه

محلول‌های مورد نیاز:

KOH ده درصد، HCl یک درصد، محلول رنگ‌بر (اسید لاکتیک + آب مقطر + گلیسیرین بـه نسـبت حجمـی ۱:۱:۱۴)، محلول رنگی Trypan blue (مخلوط ۰/۰۵ گرم از پودر Trypan blue در ۱۰۰ سی سی از محلول رنگ‌بر).

پس از شستن ریشه‌ها، حدود یک گرم از ریشه‌های ظریف و ریز در الکل اتیلیک ۵۰ درصد تثبیت شدند. هنگام رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها با آب معمولی شسته شده و سپس قطعات ریشه در داخل KOH ۱۰٪ به مدت یک شب قرار گرفت. پس از شستشو با آب، به مدت سه دقیقه در HCl یک درصد گذاشته شدند. سپس اسید خالی گردید. این مرحله دوباره تکرار شد. بعد از اسید شستشو نیاز نیست. در مرحله‌ی بعد محلول رنگ بر روی ریشه-ها به اندازه‌ای که آن را بپوشاند اضافه شد و یک شب در محلول رنگی باقی ماند. سپس با آب مقطر تا زمانی که محلول رنگی خارج شود، شستشو داده شد و محلول رنگ‌بر اضافه شد. پس از یک ساعت نمونه‌ها مورد مطالعه قرار گرفتند. در این رنگ‌آمیزی اندام‌های قارچی به رنگ آبی مشاهده شد. در این روش، KOH محتویات سلول ریشه را تخلیه می‌کند. چون در غیر این صورت محتوی سلول هم رنگ می‌گیرد و قابل تشخیص نمی‌شود. اسید برای اتصال رنگ (دارای بار منفی) به قارچ می‌باشد. برای تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه‌ها، از روش تلاقی خطوط شبکه (GIM) (نوریف و همکاران،۱۹۹۲) استفاده شده است. در این روش کاغذ شطرنجی را به پشت یک ظرف پتری چسبانده و کمی از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده را در داخل پتری بطور تصادفی پخش نموده و سپس ۱۰۰ نقطه تلاقی ریشه با خطوط شطرنجی افقی و عمودی در زیر بینوکلر مشاهده و درصد نقاط تلاقی که دارای میکوریز بودند تعیین شد. برای هر نمونه میانگین دو عدد افقی و عمودی محاسبه شد.

### ۳-۶-۴-تجزیه شیمیایی گیاه و اندازه‌گیری غلظت عناصر

جهت اندازه‌گیری نیتروژن، پتاسیم و فسفر از هضم به روش خشک سوزانی استفاده گردید. در عصاره تهیه شده (بخش ۲-۸-۱)،غلظت نیتروژن به روش کجل دال، غلظت پتاسیم به روش فلیم فتومتری[۳۱] و فسفر به روش وانادات- مولیبدات (رنگ سنجی) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر[۳۲] اندازه‌گیری شد (کاپمن و همکاران، ۱۹۹۹).

[۱]-Flame Photometer
[۳]-Spectrophotometer

### ۳-۶-۴-۱-تعیین نیتروژن کل به روش کجلدال

نیتروژن موجود در بخش هوایی و ریشه گیاه در دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹ راول، ۱۹۹۴).

۰/۱ گرم از ماده خشک بخش هوایی توزین و داخل لوله‌های هضم ریخته شد. برای سرعت بخشیدن به عمل هضم، ۰/۵ گرم از مخلوط سولفات‌ها (۲۰۰ گرم سولفات پتاسیم، ۴۰ گرم سولفات مس و دو گرم سلنیوم، که قبلا به خوبی پودر شده و با هم مخلوط شدند) به‌عنوان کاتالیزور به ماده خشک گیاهی اضافه شد. سپس پنج میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۸٪) روی نمونه‌ها ریخته شد. سپس لوله‌ها بر روی بلوک هضم منتقل شده و دما به‌تدریج و در طول یک ساعت تا ۲۰۰ درجه سلسیوس افزایش یافت. بعد دما به‌آرامی و با فواصل زمانی به ۳۸۰ درجه سلسیوس رسانده شد. مخلوط به‌مدت سه تا چهار ساعت به‌آرامی جوشانده شد. پایان عمل هضم تغییر رنگ عصاره به رنگ سبز روشن بود. به عصاره‌های سرد شده مقداری آب مقطر اضافه و به‌وسیله قیف و بدون کاغذ صافی داخل بالن ۵۰ میلی لیتری شستشو داده شد. این عمل چند بار تکرار شد و در نهایت عصاره‌ها با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی لیتری رسانده شدند (والینگ و همکاران، ۱۹۹۸؛ راول، ۱۹۹۴).

در مرحله تقطیر محلول‌های زیر مورد نیاز می‌باشد:

۱) محلول اسید بوریک دو درصد ( ۱۶ گرم اسید بوریک در یک لیتر آب مقطر)

۲) محلول هیدروکسید سدیم ۱۲/۵ مولار (۲۵۰ گرم NaOH در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر)

۳) معرف رنگی که از ترکیب ۶۶ میلی گرم متیل قرمز و ۹۹ میلی گرم بروموکروزول سبز در ۱۰۰ میلی لیتر اتانول ۹۶٪ به‌دست می‌آید.

برای انجام تقطیر از دستگاه کجلدال استفاده شد. از محفظه بالایی ۲۵ میلی لیتر عصاره گیاهی و ۱۰ میلی لیتر سود وارد دستگاه شده و با مقداری آب مقطر به‌داخل محفظه شسته شد. در قسمت انتهایی دستگاه که متصل به لوله مبرد است ارلن ۱۲۵ میلی لیتری شامل ۵ میلی لیتر محلول اسید بوریک ۲٪ با سه تا پنج قطره معرف

بروموکروزول قرار داده شد. بعد دستگاه در حالت کار قرار داده شد. در مرحله هضم، نیتروژن موجود در ماده گیاهی به سولفات آمونیوم تبدیل می‌شود که بر اثر حرارت دادن با سود در مجاورت بخار آب به گاز آمونیاک تبدیل می‌شود (والینگ و همکاران، ۱۹۸۹)آمونیاک توسط اسید بوریک جذب می‌گردد. پایان مرحله تقطیر زمانی است که حجم محلول زیر مبرد به ۵۰ میلی لیتر برسدمحلول تهیه شده از مرحله فوق، با اسید سولفوریک ۰/۰۱ مولار تیتر شد. مرحله پایانی تیتراسیون تغییر رنگ از سبز به صورتی بود.

در نهایت غلظت نیتروژن کل از فرمول زیر محاسبه شد:

$$T.N = [(T-B) * N * ۰.۰۱۴ * ۱۰۰] / S$$

T.N : درصد نیتروژن کل

T : حجم اسید مصرفی برای نمونه (میلی لیتر)

B : حجم اسید مصرفی برای شاهد (میلی لیتر)

S : جرم نمونه گیاهی (گرم)

N : نرمالیته اسید سولفوریک (۰/۰۲ نرمال)

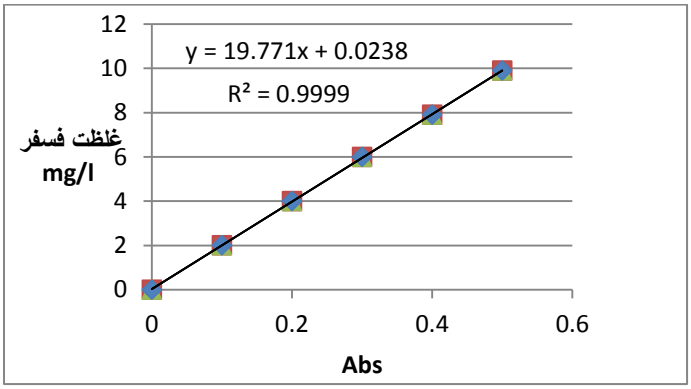
**۳-۶-۴-۲-اندازه‌گیری غلظت فسفر**

در این آزمایش، غلظت فسفر به روش وانادات مولیبدات یا روش زرد اندازه‌گیری شد. در این روش یونهای اورتوفسفات در محیط اسیدی با محلول وانادات مولیبدات کمپلکس زرد رنگ فسفووانادومولیبدات تشکیل می‌دهند که حداکثر جذب را در طول موج ۴۳۰ نانومتر نشان می‌دهد (کاتنی، ۱۹۸۰).

- **سری محلولهای استاندارد:**

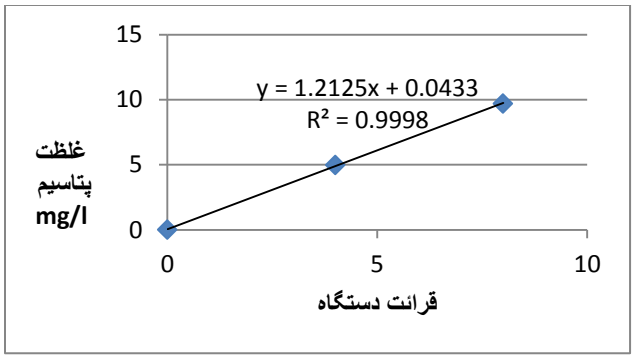
برای تهیهٔ سری محلولهای استاندارد، مقادیر ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ میلی‌لیتر از استاندارد ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در لیتر در بالن‌های حجمی ۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و به آنها ۴ میلی‌لیتر معرف نیترو وانادومولیبدات اضافه گردید، سپس بالن‌ها با آب مقطر به حجم رسانده شدند. این سری محلولها ۰، ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میلی‌گرم فسفر

در لیتر می‌باشد. این استانداردها برای ترسیم نمودار واسنجی مورد استفاده قرار گرفتند(شکل ۲-۵). برای اندازه‌گیری فسفر در عصاره‌های گیاهی، در ظروف پلی‌اتیلنی مقدار ۲ میلی‌لیتر عصارهٔ گیاهی، ۲ میلی‌لیتر معرف نیتروواناداومولیبدات و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شده و پس از گذشت یک ساعت و تشکیل کامل کمپلکس زرد رنگ، میزان جذب در طول موج ۴۳۰ نانومتر، با دستگاه اسپکتروفتومتر JENWAY۶۳۵۰ قرائت شد (کاتنی، ۱۹۸۰).




**شکل ۳-۱ نمودار واسنجی غلظت فسفر**

در این آزمایش، غلظت پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. برای این منظور سری محلولهای استاندارد ۰، ۴، ۸ میلی‌گرم پتاسیم بر لیتر، از استاندارد غلیظ پتاسیم (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) که از نمک KCl ساخته شده بود را تهیه کرده و رابطهٔ رگرسیون خطی بین غلظت استانداردها و قرائت آنها از دستگاه فلیم‌فتومتر مدل JENWAY، به دست آمد (شکل ۲-۳). عصاره گیاهی بخش هوایی ۱۰۰ برابر و بخش ریشه ۲۵ برابر رقیق شد. سپس نمونه‌های رقیق شده به دستگاه داده شدند و قرائت آنها انجام شد. در نهایت قرائت‌های به دست آمده، پس از اعمال درجهٔ رقت، به میلی‌گرم پتاسیم در گرم مادهٔ خشک (و یا به درصد) تبدیل شدند (نادسن و همکاران، ۱۹۸۲).




**شکل ۳-۲ نمودار واسنجی غلظت پتاسیم**

## ۳-۷-طرح آزمایش و تجزیه‌های آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح کاملا" تصادفی در گلخانه ی دانشگاه تبریز انجام شد. فاکتور اول و دوم هرگلدان در دو سطح ،وجود و عدم وجود قارچ میکوریز($M_0$ و $M_1$) و باکتری*P.putida* ($S_0$ و $S_1$) و فاکتور سوم مصرف اسید هیومیک در سه سطح ($HA_0$=۰ $HA_1$= ۲۰۰ $HA_2$=۴۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) در ۳ تکرار انجام شد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار MSTATC صورت گرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

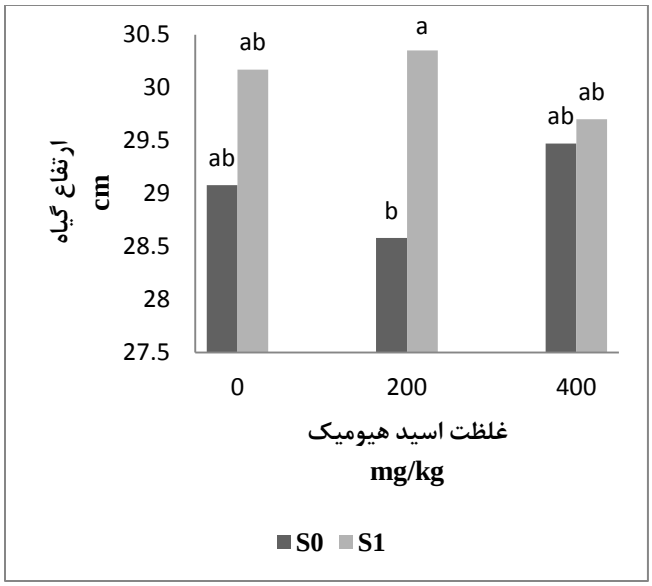
# فصل چهارم

# نتایج و بحث

## ۴-۱-ارتفاع گیاه

جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان می دهد اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری در سطح احتمال ۱٪ و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ۵٪ بر میانگین ارتفاع گیاه لوبیا معنی دار می باشد. با توجه به جدول ۴-۲ قارچ میکوریزا باعث افزایش ارتفاع گیاه شده است. همانطور که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است کمترین میانگین ارتفاع در اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری مربوط به تیمار $S_0H_1$ (۲۸/۵۸cm) و بیشترین ارتفاع (۳۰/۳۵cm) مربوط به تیمار $S_1H_1$ می باشد.

نتایج مطالعات صفارپور و همکاران (۱۳۸۹) نشان داده که اثر قارچ میکوریز بر ارتفاع گیاه لوبیا قرمز موثر بوده است. قنواتی و همکاران(۱۳۹۱) نیز دریافتند اثر قارچ میکوریز *Glomus etunicatum* بر ارتفاع گیاه شبدر موثر بوده است. قارچ های میکوریز آربوسکولار می توانند از طریق افزایش جذب عناصر غذایی بر رشد گیاهان میزبان تاثیر گذار باشد (علی اصغرزاد ۱۳۷۹). تحقیقات نشان داده است کاربرد باکتری های محرک رشد به همراه اسید هیومیک موجب تحریک رشد و افزایش ارتفاع از طریق مکانیسم های مختلفی چون تولید آنزیم ACC دآمیناز در گیاهان می شود (لارسن و همکاران ۲۰۰۹). افزایش ارتفاع بوته های گندم (رمضانیان ۱۳۸۴) و ذرت (زهیر و همکاران ۱۹۹۸) در واکنش به استفاده از باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک پیش از این نیز گزارش شده است. تان و نوپامورنبادی (۱۹۷۹) و موسکولو و همکاران (۱۹۹۶) اظهار کردند استفاده از اسید هیومیک به همراه یکی از باکتری های محرک رشد بنا به دلیل خاصیت شبه هورمونی جذب عناصر غذایی مخصوصا نیتروژن را افزایش می دهد که موجب افزایش رشد گیاه ذرت می شود. به نظر می‌رسد که ارتفاع بوته یک صفت ژنتیکی می‌باشد و تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد و در این ارتباط مدیریت‌های زراعی از جمله کاربرد مواد غذایی در خاک و تنش‌های محیطی از عوامل عمده تأثیرگذار بر آن می‌باشد.



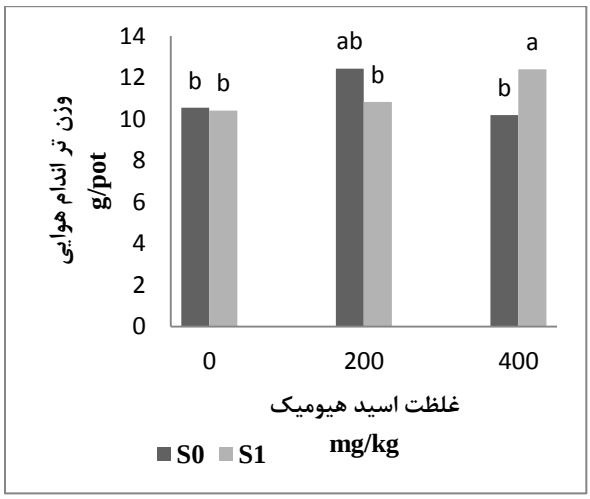

**شکل ۴-۱اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر ارتفاع گیاه**

## ۴-۲- وزن تر و خشک بخش هوایی

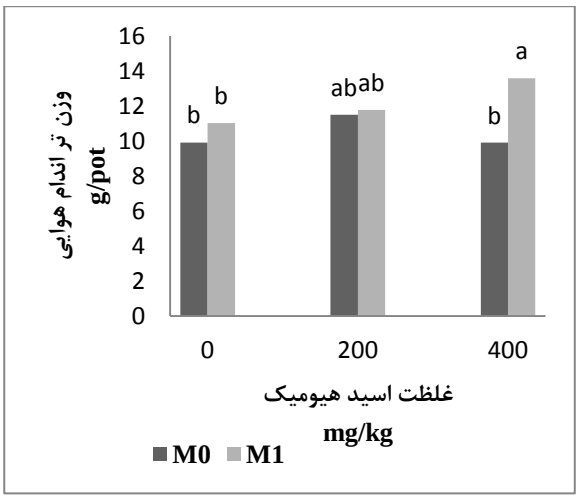
جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان می‌دهد که فاکتور قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل اسید هیومیک و قارچ میکوریز و اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری در سطح احتمال ۵٪ بر وزن تر اندام هوایی گیاه لوبیا معنی دار شدند.جدول ۴-۲ مقایسه میانگین وزن تر هوایی نشان می دهد که قارچ میکوریزا باعث افزایش وزن تر هوایی شده است. شکل ۴-۲ مقایسه میانگین تیمار باکتریایی و اسید هیومیک اختلاف معنی دار نشان داد و کمترین وزن تر گیاه لوبیا (۱۰/۱۹ g) را تیمار $S_0H_2$ و بیشترین میانگین وزن تر (۱۳/۲۹ g) را تیمار $S_1H_2$ دارا بودند.در شکل۴-۳ مقایسه میانگین اثر توام قارچ و اسید هیومیک نیز اختلاف معنی دار مشاهده شد و کمترین میانگین وزن تر اندام هوایی (۹/۹۰ g) در تیمار $M_0H_2$ و بیشترین میانگین وزن تر اندام هوایی ( ۱۳/۵۸g) در تیمار $M_1H_2$ مشاهده شد.

تاسانگ و همکاران (۱۹۹۹) گزارش کردند که در گیاه *Strophostyles helvala* تلقیح شده با *Glomus mosseae* به طور معنی داری وزن تر اندام هوایی بیشتری نسبت به تیمارهای غیر میکوریزی داشت. در بررسی های قبلی مشخص شد که میکوریز با فراهم کردن بیشتر میزان فسفر، منگنز و آهن در اندام هوایی گیاه آویشن موجب افزایش وزن تر اندام هوایی این گیاه شد (دولت آبادی و همکاران ۲۰۱۲). میرزایی و همکاران (۲۰۰۹) افزایش وزن تر بخش هوایی گیاه گلرنگ را در حضور قارچ *G.intraradices* گزارش کردند.

مصرف همزمان باکتری آزوسپریلیوم و اسید هیومیک بر وزن تر اندام هوایی گیاه نعناع فلفلی موثر بوده است (عسگری و همکاران ۱۳۹۰). گهان و باکر (۲۰۱۰) گزارش کردند که مایه‌زنی گیاه آفتابگردان با باکتری *Azospirillum* به همراه اسید هیومیک وزن تر گیاه را به طور قابل توجهی افزایش داد. ویدادا و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار نسبت به باکتری *سودوموناس فلورسنس* در افزایش وزن تر اندام هوایی گیاه سورگوم از کارایی بیشتری برخوردار بوده است. قورچیانی و همکاران (۱۳۹۱) اظهار داشتند مصرف توام باکتری *سودوموناس فلورسنس* و قارچ میکوریز *Glomus mosseae* نیز تاثیر معنی دار بر وزن تر اندام هوایی گیاه ذرت نداشته است.




شکل ۴-۲ اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر وزن تر اندام هوایی

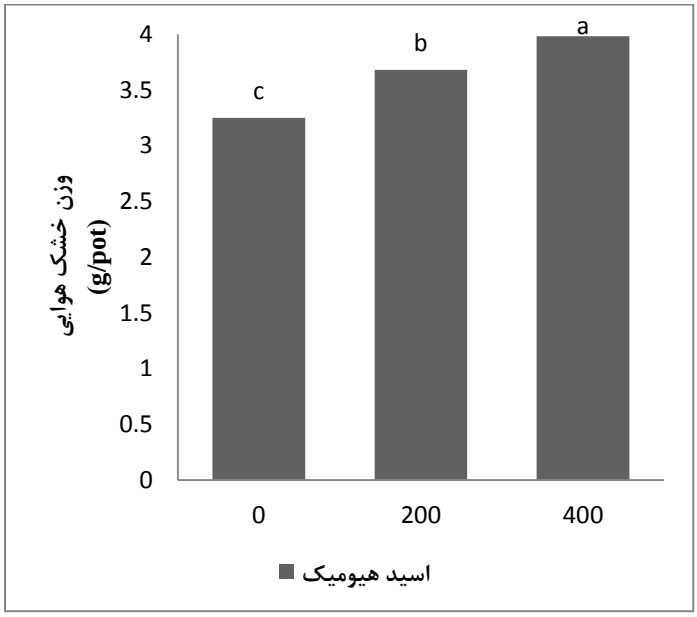



شکل۴-۳ اثر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک بروزن تر اندام هوایی

جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان می‌دهد که اثر مجزا اسید هیومیک و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱٪ و اثر باکتری و اثر متقابل باکتری و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۵٪ بر وزن خشک بخش هوایی معنی دار شد و اثرات متقابل اسیدهیومیک و قارچ، اسید هیومیک و باکتری، و اثر متقابل اسید هیومیک و قارچ و باکتری، بر وزن خشک بخش هوایی معنی‌دار نمی‌باشد.جدول ۴-۲ نشان می دهد مصرف مجزای قارچ میکوریز و باکتری سودوموناس باعث افزایش وزن خشک هوایی گیاه شده است. بر اساس شکل ۴-۴ مقایسه میانگین اسید هیومیک نشان می دهد که این کود آلی موجب افزایش وزن خشک گیاه لوبیا شده است بطوریکه مصرف ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اسید هیومیک بیشترین میانگین وزن خشک بخش هوایی گیاه(g ۳/۹۸ ) و عدم مصرف اسید هیومیک کمترین میانگین وزن خشک بخش هوایی گیاه (g ۳/۲۵) را دارا بود و بین هر سه سطح اسید هیومیک اختلاف معنی‌دار وجود داشت. جدول مقایسه میانگین (۴-۳) نشان می‌دهد که در اثر متقابل قارچ و باکتری نیز بین همه تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد و کمترین میانگین (g ۲/۶۰۸) مربوط به تیمار M.S. و بیشترین میانگین (g ۳/۰۲۶) مربوط به تیمار M.S۱ می‌باشد.

در پژوهشی یک باکتری از جنس *سودوموناس*، در محیط آزمایشگاهی باعث افزایش معنی داری وزن خشک ساقه گیاه سیب زمینی شدند (عبدالله و همکاران ۲۰۰۱). خرم دل و همکاران (۱۳۸۷) تاثیر مایه تلقیح باکتری *آزوسپیریلوم* و قارچ همزیست میکوریزا *Glomus intraradices* بر وزن خشک گیاه سیاهدانه را بررسی نمودند و دریافتند تلقیح بذر سیاهدانه با کودهای بیولوژیک باعث افزایش معنی دار در وزن خشک گیاه شده است. قورچیانی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی بر روی گیاه ذرت به نتایج مشابهی دست یافتند و اظهار داشتند اثر متقابل باکتری *سودوموناس فلورسنس* و قارچ میکوریز بر روی وزن خشک این گیاه موثر بوده است. اسپرنت و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که باکتری های تثبیت کننده نیتروژن شامل *آزوسپریلیوم* ، *سودوموناس* و *ازتوباکتر* از طریق همیاری با ریشه گیاهان موجب افزایش سطح جذب رطوبت می شود و این شبکه گسترده ریشه ای از طریق جذب آب و املاح و انتقال آنها به گیاه میزبان موجب افزایش سطح برگ و در نتیجه وزن

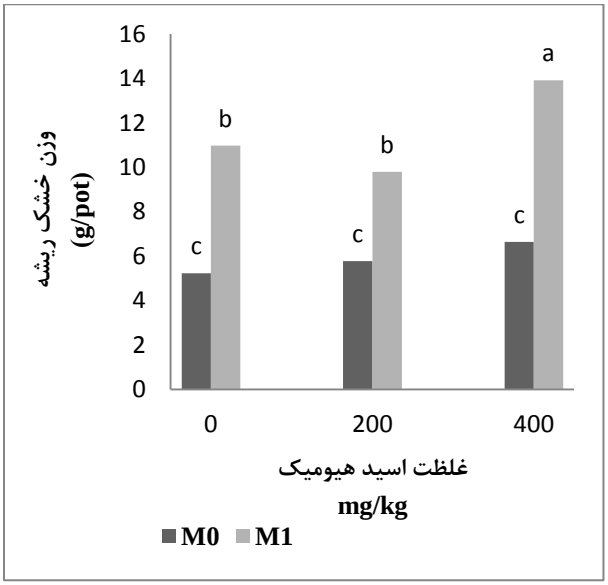
خشک آن می شود. در یک آزمایش گلخانه ایی با کاربرد ۱۰۰ میلی گرم اسید هیومیک، وزن تر و خشک گیاه به طور معنی دار افزایش یافت (میشرا و همکاران۱۹۸۸). پادم (۱۹۹۹) اظهار داشت مخلوط کردن اسید هیومیک با خاک در مورد گیاهچه های فلفل و بادمجان وزن خشک را افزایش داده است. شریف (۲۰۰۲) اثر اسید هیومیک بر گندم را بررسی نمود و دریافت این ماده آلی وزن خشک ساقه و باروری سنبله را افزایش داد همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می شود (دلفین و همکاران ۲۰۰۵). اسید هیومیک از طریق بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی خاص، بویژه آهن و روی (چن و همکاران، ۲۰۰۴) و اثر مستقیم بر متابولسیم گیاهی (ناردی و همکاران، ۲۰۰۲) باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می گردند (تارتورا، ۲۰۱۰).



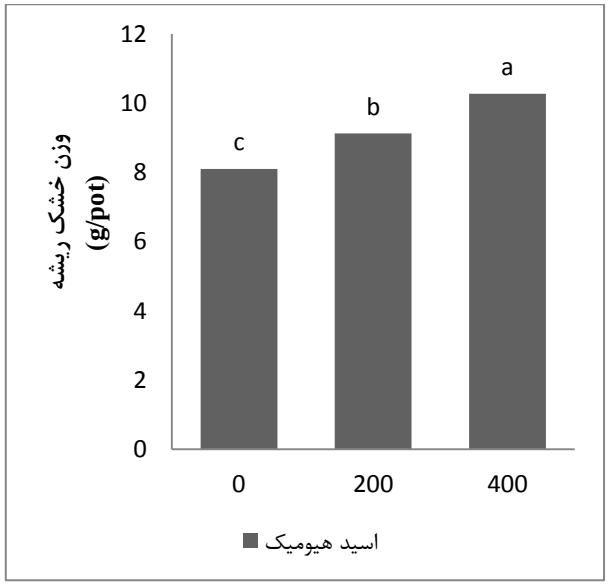

**شکل ۴-۴ اثر اسید هیومیک بر وزن خشک هوایی گیاه**

## ۴-۳-وزن تر و خشک ریشه

جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان می‌دهد که اثر اصلی قارچ میکوریز و اسید هیومیک در سطح احتمال ۱٪ و مصرف توام قارچ میکوریز و اسید هیومیک در سطح ۵٪ بر وزن خشک ریشه معنی دار می باشد و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک و همچنین اثرمتقابل باکتری *سودوموناس*، قارچ میکوریز و اسید هیومیک اختلاف معنی داری مشاهده نشد. شکل ۴-۵ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک نشان داد تفاوت معنی داری بین سطوح وجود دارد بطوریکه کمترین میانگین وزن خشک ریشه (۵/۲۲ g) مربوط به تیمار $M_0H_0$ می باشد که قارچ میکوریز در آن مصرف نشده است و همچنین بیشترین میانگین وزن خشک ریشه (۱۳/ ۹۰ g) مربوط به تیمار $M_1H_2$ می باشد. شکل ۴-۶ مقایسه میانگین اثر اسید هیومیک نشان داد که سطوح مختلف مصرف اسید هیومیک اختلاف معنی دار با یگدیگر دارند و کمترین و بیشترین میانگین وزن خشک ریشه به ترتیب سطح اول اسید هیومیک (۸/۰۹۳g) و سطح سوم اسید هیومیک (۱۰/۲۷g) را دارا بود.




شکل ۴-۵ اثر متقابل اسید هیومیک و قارچ میکوریز و وزن خشک ریشه




شکل ۴-۶ اثر اسید هیومیک بر وزن خشک ریشه

جدول تجزیه واریانس (۴-۱) نشان می‌دهد اثر اصلی باکتری و قارچ میکوریز و اثر متقابل باکتری و قارچ در سطح احتمال ۱٪ و اثر توام اسید هیومیک و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۵٪ بر وزن تر ریشه معنی دار شد و

سایر فاکتور ها اثر معنی دار نداشتند.جدول ۴-۲ نشان می دهد اثر اصلی قارچ میکوریز و باکتری باعث افزایش وزن تر ریشه شده است. جدول ۴-۳ مقایسه میانگین اثر توام باکتری و قارچ میکوریز اختلاف معنی دار در تمام سطوح نشان داد بطوریکه کمترین میانگین وزن تر ریشه (۱۰/۴۸ g) مربوط به تیمار $S_1M_0$ و بیشترین میانگین وزن تر ریشه (۱۶/۶۲ g) $S_0M_1$ بود. شکل ۴-۷ مقایسه میانگین قارچ میکوریز و اسید هیومیک اختلاف معنی دار در تمام سطوح نشان داد و کمترین میانگین وزن تر ریشه گیاه (۹/۴۱۵ g) $M_0H_0$ و بیشترین میانگین وزن تر ریشه (۱۵/۷۶ g) مربوط به تیمار $M_1H_0$ بود.

قنواتی و همکاران (۱۳۹۱) دریافتند اثر قارچ میکوریز *Glomus etunicatum* بر وزن خشک ریشه و تر گیاه شبدر موثر بوده است. در تحقیقی که توسط عظیمی و همکاران(۱۳۹۲) بر روی گیاه آویشن انجام شد دریافتند تلقیح گیاه آویشن باغی با قارچ های میکوریزا اثر معنی داری بر وزن خشک کل اندام هوایی و ریشه گیاه داشت سازوکار این افزایش احتمالا به این صورت است که ریسه ها وارد ریشه شده و سبب کاهش غلظت آبسیزیک اسید و باعث افزایش غلظت سیتوکینن شده است که این امر موجب گسترش سیستم ریشه ای و افزایش جذب آب و مواد غذایی شده است. قارچ ها با تولید هورمون های گیاهی و افزایش فعالیت آنزیم ها می توانند رشد گیاه و ریشه را تشدید کنند در نتیجه ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی بالا می برد (باری و همکاران ۲۰۰۵و اسویفت ۲۰۰۴) .

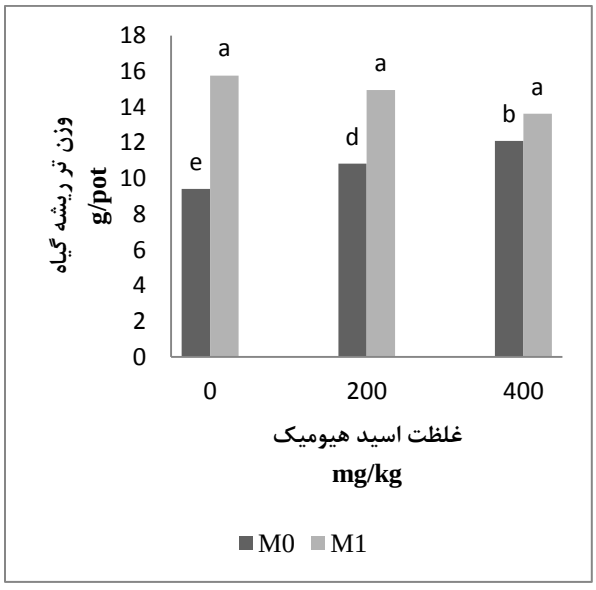
آزمایشات نشان داد که به کاربردن اسید هیومیک در سویا، بـادام زمینی و شبدر رشد یافته در شن، وزن خشک گره ها و بـه خصوص رشد ریشه را افزایش داد (تان و همکاران ۱۹۸۳). مالیکارجونا و همکـاران (۱۹۸۷) نشان دادند که مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار اسـید هیومیـک بـه طـورمعنی داری عملکرد ماده خشک ریشه و ساقه را افزایش داد از اثرات مثبت اسید هیومیک در افزایش وزن ریشه می توان موارد زیر را نام برد:

۱-افزایش سرعت فتوسنتز، افزایش بیومس ریشه و افزایش جذب مواد غذایی (لیو و همکاران ۱۹۹۶).

۲-افزایش جذب نیترات و فعالیت آنزیم ATP آز در غشای پلاسمای سلول های ریشه (پینتون و همکاران ۱۹۹۹).

۳-افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز (مالکوم و واغوان ۱۹۷۹).

طبق تحقیق کوردیرو و همکاران (۲۰۱۱) کاربرد هیومیک اسید توانست وزن خشک ریشه را افزایش دهد. اسید هیومیک می تواند تاثیر بسیار مثبتی بر فیزیو لوژی گیاه داشته باشد و باعث توسعه ریشه و ریشه های جانبی گردند. او و همکارانش تاثیر هیومیک اسید را بر روی رشد ریشه ذرت مورد بررسی قرار دادند و در یافتند با مصرف ۳ میلی مولار هیومیک اسید می تواند باعث توسعه ریشه ذرت شود و نسبت وزن تازه و خشک ریشه را افزایش دهد. سادات و همکاران (۱۳۸۹) نیز نتایج مشابهی گرفتند و اعلام کردند اثر متقابل باکتری سودوموناس فلورسنس و قارچ میکوریز گلوموس *اینترادایسز* بر وزن خشک ریشه اثر معنی دار نداشتند.

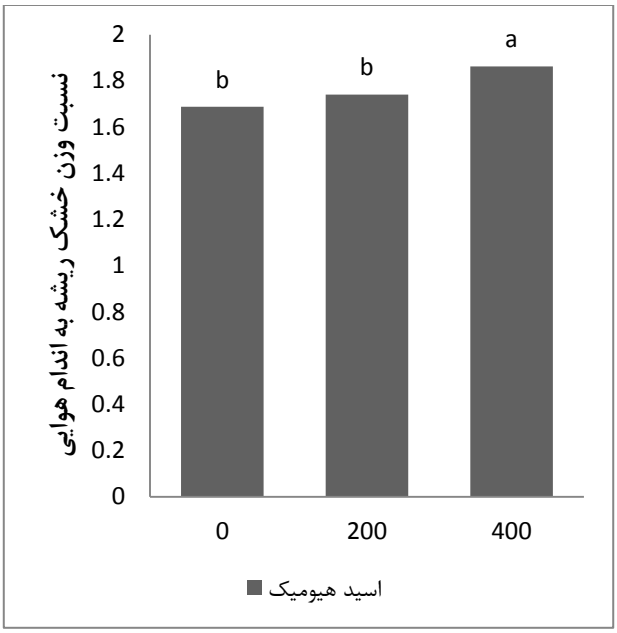


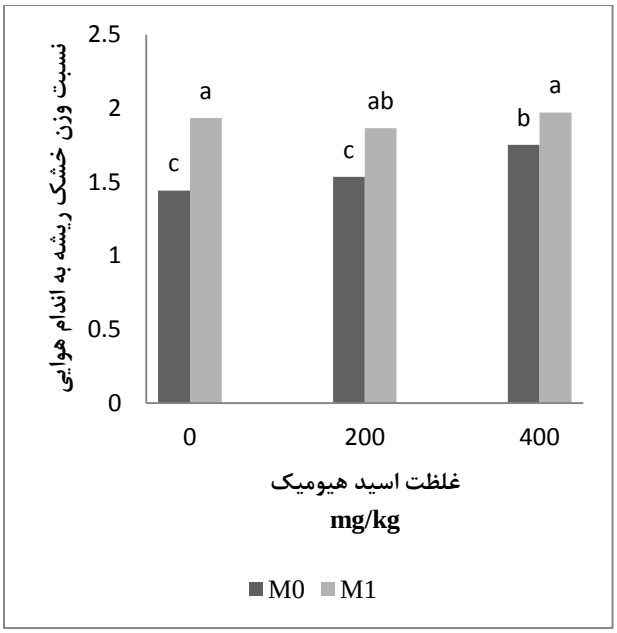

شکل۴-۷ اثر متقابل قارچ و اسید هیومیک بر وزن تر ریشه

## ۴-۴- نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی

نتایج جدول( ۴-۴ ) تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد اثر اصلی قارچ میکوریز و باکتری در سطح احتمال ۱٪ و اثر اصلی اسیدهیومیک و اثر توام اسید هیومیک و قارچ در سطح احتمال ۵٪ معنی دار می باشد و اثر سایر تیمارها اختلاف معنی داری نشان نداد. جدول ۴-۵ نشان می دهد که مصرف قارچ میکوریزا و باکتری باعث افزایش میانگین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی می شود. همچنین با توجه به شکل ۴-۸ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک نیز اختلاف معنی داری را نشان داد و کمترین میانگین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی (۱/۴۴۲) تیمار $M.H_0$ و بیشترین میانگین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی (۱/۹۷۲) به تیمار $M_1H_2$ اختصاص دارد. با توجه شکل ۴-۹ مقایسه میانگین مصرف اسید هیومیک نیز اختلاف معنی دار مشاهده شد و سطح صفر اسید هیومیک $H_0$ کمترین میانگین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی (۱/۶۸۸) و سطح دوم اسید هیومیک $H_2$ بیشترین میانگین نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی (۱/۸۶۲) را دارا بود.

در پژوهشی توسط عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) *G.intraradices* باعث افزایش نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی شد. سبزواری و همکاران (۱۳۸۸) در آزمایشی دریافتند مصرف اسید هیومیک بر نسبت وزن خشک ریشه نسبت به اندام هوایی گیاه گندم اثر معنی دار داشت. تانی و همکاران (۱۹۹۰) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. کادر و همکاران (۲۰۰۲) و بدا وی و آمر (۱۹۹۷) تاثیر مفید باکتری محرک رشد را بر نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی گزارش کردند و آنرا به تولید هورمون هایی مانند اکسین، جیبرلین وسیتوکینن نسبت دادند. حاجی حسنی و همکاران (۱۳۹۲) دریافتند اثر توام اسید هیومیک و قارچ میکوریز بر روی گیاه لوبیا چشم بلبی تاثیر معنی داری بر نسبت وزن خشک ریشه نسبت به اندام هوایی شد.



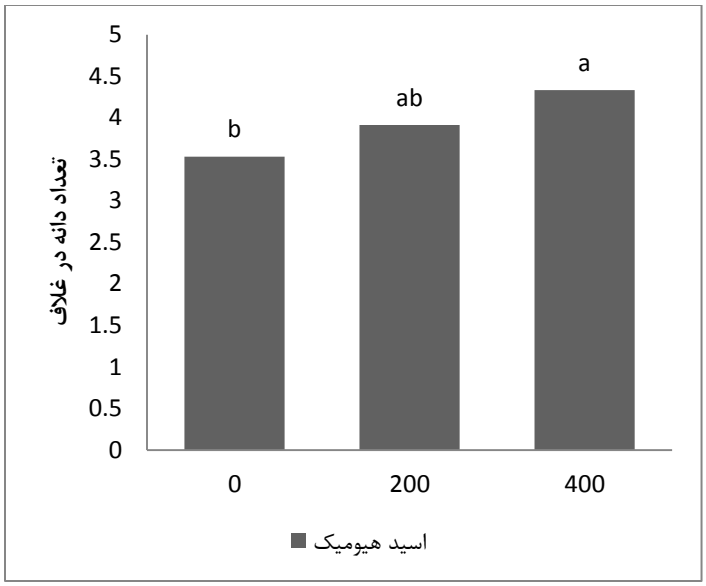




شکل۴-۸ اثر متقابل قارچ و اسید هیومیک بر نسبت وزن خشک ریشه  شکل ۴-۹ اثر اسید هیومیک بر نسبت وزن خشک ریشه به اندام  هوایی

### ۴-۵ -تعداد دانه

جدول (۴-۴ ) تجزیه واریانس نشان می دهد اثر اصلی قارچ میکوریز و اسید هیومیک در سطح احتمال ۱٪ و اثر اصلی باکتری و اتر توام باکتری و قارچ در سطح احتمال ۵٪ بر تعداد دانه معنی دار می باشد و سایر تیمار های آزمایشی بر تعداد دانه غیر معنی دار بوده است. جدول ۴-۵ نشان می دهد مصرف مجزای باکتری سودوموناس و قارچ میکوریز بر تعداد دانه گیاه لوبیا موثر می باشد. جدول ۴-۶ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری نشان می دهد که بیشترین میانگین تعداد دانه در هرگلدان ( ۳/۰۱۶) و کمترین میانگین تعداد دانه در هرگلدان (۲/۳۰۸) به ترتیب مربوط به $M_0S_0$ و $M_1S_1$ می باشد. شکل ۴-۱۰ مقایسه میانگین اثر اسید هیومیک نشان می دهد اختلاف معنی دار وجود دارد و بیشترین میانگین تعداد دانه در غلاف (۴/۳۳) مربوط به $H_2$ و کمترین میانگین تعداد دانه در غلاف (۳/۵۳) مربوط به $H_0$ می باشد و بین سطح سوم و سطح دوم و همچنین سطح اول و دوم اختلاف معنی دار وجود ندارد.

کریمی و همکاران (۱۳۹۲) با پژوهشی بر گیاه لوبیا سبز دریافتند استفاده از کود های زیستی و قارچ های میکوریز آربوسکولار دارای بیشترین تعداد دانه در غلاف نسبت به شاهد بودند. تارک و ناهاوا (۲۰۰۲) نشان دادند که تعداد دانه در غلاف باقلا تحت تاثیر مقادیر فسفر قرار می -گیرند و متذکر شدند که کاربرد کودهای فسفره از جمله باکتری های حل کننده فسفات و قارچ های میکوریز بر تعداد دانه می تواند موثر باشد. احتشامی و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی که بر روی اثر مایه زنی بذر با باکتری حل کننده فسفات و قارچ میکوریز بر تعداد دانه در گیاه ذرت انجام دادند دریافتند مصرف توام این دو کود زیستی باعث افزایش تعداد دانه نسبت به تیمار شاهد شده است. فسفر از عوامل مهم در دانه بندی و شکل گیری دانه در گیاهان دانه دار است بنابراین به نظر میرسد باکتری *Pseudomonas* با انحلال فسفاتهای نامحلول خاک، امکان دریافت فسفر را برای گیاه بیشتر کرده و باعث افزایش تعداد کل دانه میشود (حمیدی ۱۳۸۵). قارچ میکوریز آربسکولار نیز به دلیل افزایش سطح ریشه ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و در نتیجه دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک سبب جذب بیشتر آب و مواد غذایی شده (اسمیت و همکاران ۲۰۰۳)، که این امر موجب فتوسنتز بیشتر، بهبود رشد گیاه و در نتیجه باعث افزایش زیتوده گیاه و تعداد دانه می گردد. شریف و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که اسید هیومیک سبب افزایش تعداد دانه در ذرت شد که دلیل آن تأثیر مثبت اسید هیومیک در بهبود فتوسنتز و افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه بود اسید هیومیک به دلیل در دسترس قرار دادن عنصر فسفر و سایر عناصر غذایی برای گیاه ، سبب افزایش عملکرد در واحد زایشی و دانه بندی شده است.




**شکل ۴-۱۰ اثر اسید هیومیک بر تعداد دانه**

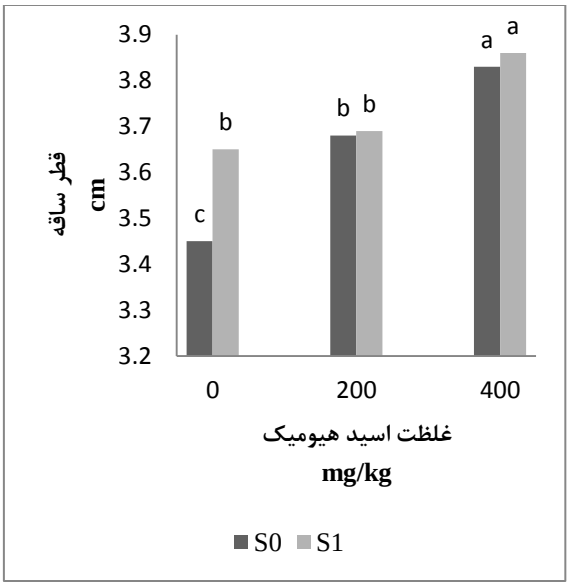
## ۴-۶- قطر ساقه

جدول (۴-۴) تجزیه واریانس نشان می دهد اثر اصلی اسید هیومیک و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱٪ و اثر مجزای باکتری و اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری در سطح احتمال ۵٪ بر قطر ساقه معنی دار است و سایر تیمارهای آزمایشی ازجمله اثر متقابل اسید هیومیک و قارچ میکوریز ، اثر متقابل قارچ و باکتری و اثر همزمان سه فاکتور تاثیر معنی دار نداشتند. همانطور که در جدول ۴-۵ مقایسه میانگین نشان می دهد مصرف مجزای باکتری و قارچ موجب افزایش قطر ساقه می شود. شکل ۴-۱۲مقایسه میانگین مصرف اسید هیومیک نیز بیانگر آنست که اختلاف معنی دار بین سطوح مختلف مصرف وجود دارد بطوریکه کمترین میانگین قطر ساقه گیاه لوبیا (۳/۵۵ cm) مربوط به سطح صفر اسید هیومیک $H_0$ و بیشترین میانگین قطر ساقه (۳/۸۵ cm) مربوط به سطح سه اسید هیومیک $H_2$ می باشد. شکل۴-۱۱مقایسه میانگین اثرات متقابل اسید هیومیک و باکتری نشان می دهد اختلاف معنی دار و جود دارد و کمترین میانگین قطر ساقه (۳/۴۵ cm) مربوط به تیمار $S_0H_0$ و بیشترین میانگین قطر ساقه (۳/۸۶۷ cm) به تیمار $S_1H_2$ اختصاص دارد

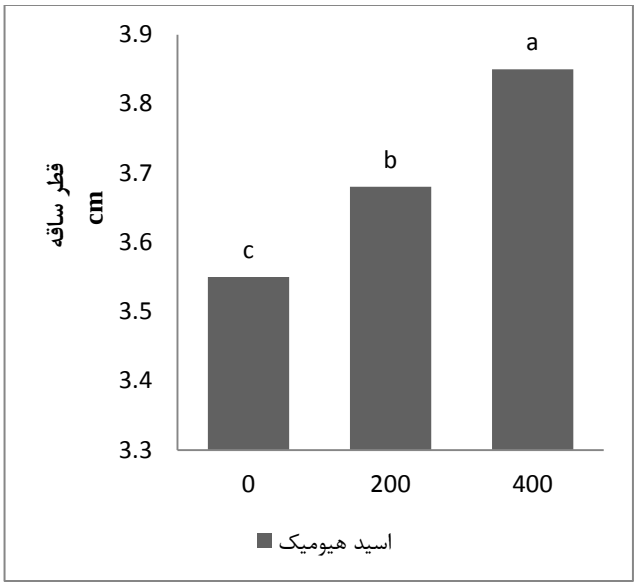
قطر ساقه از صفاتی است که استحکام گیاه و به ویژه مقاومت آن را در برابر ورس مشخص می نماید در پژوهشی که توسط مهربان و همکاران (۱۳۹۱) بر روی گیاه سورگوم انجام شد دریافتند *G. mosseae* سبب افزایش قطر ساقه نسبت به عدم کاربرد قارچ میکوریز شده است. باتوجه به نتایج حاصل می توان چنین نتیجه گرفت که گیاه بعلت موجود بودن میکوریز در خاک توانسته است عناصر و املاح مورد نیاز خود را به مقدار زیاد تهیه کند که این امر افزایش قطر ساقه را در برداشته است.

در آزمایشی که توسط رحیمی و همکاران (۱۳۹۲) بر روی گیاه گلرنگ انجام شد دریافتند باکتری *سودوموناس پوتیدا* نسبت به تیمار شاهد بیشترین قطر ساقه را داشت. به نظر می رسد باکتری جنس پوتیدا با فعالیت بیشتر، رشد گیاه را به وسیله تغییر توازن هورمونی تسهیل و با تولیدهورمون اکسین بر برخی از قسمت های گیاه از قبیل افزایش طول سلول، تقسیم سلولی، تمایز ریشه، قطر ساقه، بیوسنتز اتیلن و تغییر بیان ژن های خاص اثر می گذارد (رودلف و همکاران ۱۹۹۷).

تیلور و کوپر (۲۰۰۴) دریافتند مصرف اسید هیومیک بصورت محلول و یا پودر در خاک باعث افزایش وزن ساقه و قطر ساقه گندم شده است. کاربرد اسید هیومیک بر روی گیاه بادمجان (پادم و همکاران ۱۹۹۱) و فلفل (شریف و همکاران ۲۰۰۲) بر قطر ساقه گیاه معنی دار بوده است. عسگری و همکاران (۱۳۹۲) با آزمایشی بر روی گیاه نعناع فلفلی دریافتند مصرف توام اسید هیومیک و باکتری محرک رشد *سودوموناس* باعث افزایش قطر ساقه این گیاه شده است.




شکل ۴-۱۱ اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری بر قطر ساقه



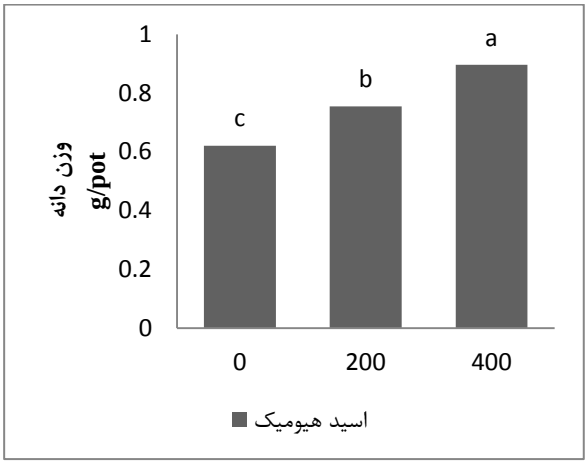

شکل ۴-۱۲ اثر اسید هیومیک بر قطر ساقه

## ۴-۷- وزن دانه

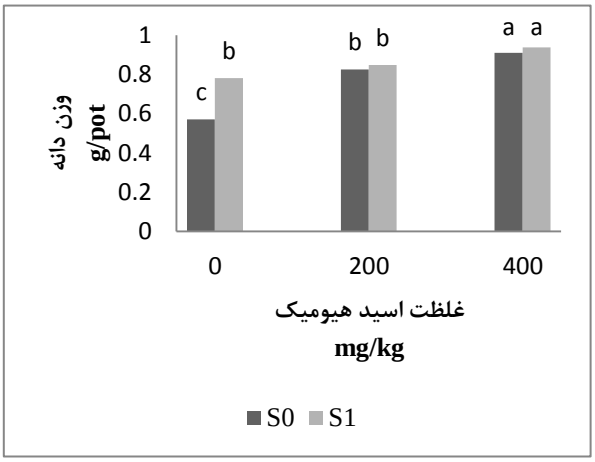
جدول تجزیه واریانس (۴-۴ ) نشان می دهد اثر اصلی قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱٪ و مصرف توام قارچ و باکتری و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک و اثر اصلی اسید هیومیک در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار بر وزن دانه دارد و سایر تیمار ها اختلاف معنی داری نشان ندادند. جدول ۴-۶ مقایسه میانگین اثر توام باکتری و قارچ نشان از اختلاف معنی دار بین سطوح می باشدبه طوریکه کمترین میانگین وزن دانه (۰/۶۳۱ g) مربوط به تیمار.M.S بیشترین میانگین وزن دانه (۰/۹۰۹ g ) مربوط به تیمار $M_1S_1$می باشد.شکل ۴-۱۳ مقایسه میانگین اثر اسید هیومیک را نشان می دهد به طوریکه کمترین میانگین وزن دانه (۰/۶۲۱ g) مربوط به تیمار H. و بیشترین میانگین وزن دانه (۰/۸۹۶ g) به تیمار $H_2$ اختصاص دارد.. شکل۴-۱۴مقایسه میانگین مصرف توام باکتری و اسید هیومیک اختلاف معنی دار در سطوح مختلف مصرف نشان داد و کمترین میانگین وزن دانه (۰/۵۷۰ g) را تیمار .S.H و بیشترین میانگین وزن دانه (۰/۹۳۷ g) را تیمار $S_1H_2$ داشت.

مصرف توام قارچ های میکوریز و باکتری های محرک رشد با بهبود تغذیه و رشد گیاهان باعث افزایش عملکرد می شود ( گو و همکاران ۱۹۹۷). چاندراشکارا و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند مایه‌زنی آفتابگردان با قارچ

میکوریز*G.fasciculatum* وزن دانه را به میزان ٪۱۴ افزایش داده است. بابایی و همکاران (۲۰۱۲) نیز نتیجه مشابهی را با قارچ *G.intraradices* به دست آوردند. قارچ میکوریز باعث افزایش مقدار فسفر در گیاه می‌شود. فسفر فتوسنتز گیاه را افزایش داده و به تبع آن موجب افزایش وزن دانه می‌شود. این اثر به دلیل نقش‌های حیاتی فسفر در گیاه است. فسفر در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه درگیر بوده، به‌خصوص در مراحل گرده افشانی و پر شدن دانه ضروری است (بابایی و همکاران،۲۰۱۲). کاربرد همزمان باکتری محرک رشد و اسید هیومیک بر عملکرد دانه گندم افزایش معنی دار داشت (داوودی فرد و همکاران ۱۳۹۱). بالاکونباهان و همکاران (۲۰۱۰ و اگامبردیوا و هولفیچ ۲۰۰۴) افزایش وزن دانه بر اثر اسید هیومیک را از طریق تغییر فیزیولوژی گیاهان با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژی خاک می دانند واعلام داشتند چنان چه به همراه باکتری های محرک رشد باشد افزایش رشد و عملکرد دانه به دلایلی همچون ترشح انواع هورمون ها که سبب افزایش رشد ریشه و جذب آب و مواد غذایی از خاک می شود مربوط می باشد.




شکل۴-۱۴ اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر وزن دانه




شکل ۴-۱۳ اثر اسید هیومیک بر وزن دانه

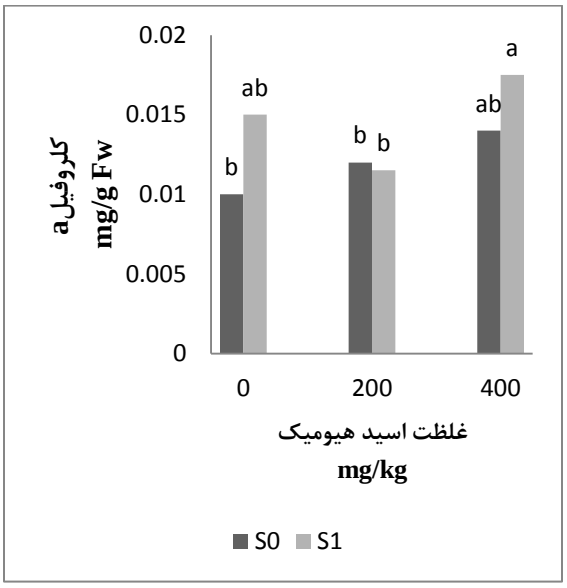
## ۴-۸- کلروفیل a برگ

جدول تجزیه واریانس (۴-۷ ) نشان می دهد که اثر اصلی اسید هیومیک و قارچ میکوریز و اثر متقابل اسید هیومیک و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک در سطح احتمال ۵٪

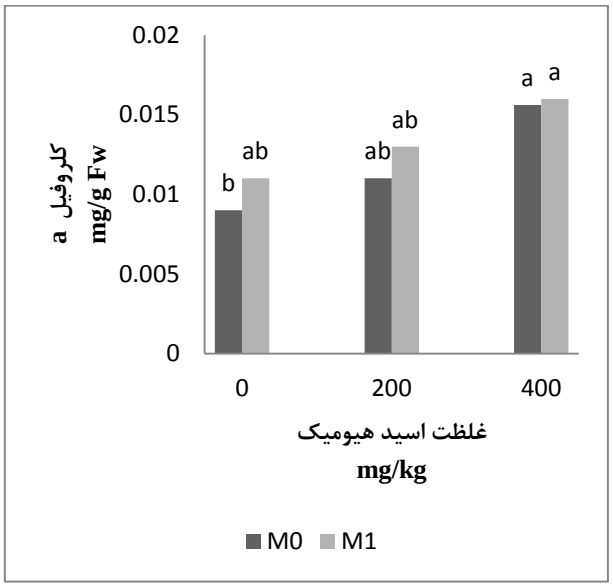
اختلاف معنی دار دارند و سایر تیمارها اثری بر کلروفیل a گیاه لوبیا نداشتند. شکل ۴-۱۷مقایسه میانگین مصرف سطوح مختلف اسید هیومیک اختلاف معنی دار را نشان می دهد بطوریکه کمترین مقدار کلروفیل a (۰/۰۱۰۲mg/g Fw) سطح اول اسید هیومیک (H۰) و بیشترین مقدار کلروفیل a (۰/۰۴۵۷ mg/g Fw) سطح دوم اسید هیومیک ($H_2$) بود. شکل ۴-۱۶ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک نیز اختلاف معنی دار در سطوح معنی دار نشان داد و کمترین مقدار کلروفیل a (۰/۰۰۹mg/g Fw) تیمار M۰H۰ و بیشترین مقدار کلروفیل a (۰/۰۱۶mg/g Fw) تیمار $M_1H_2$ دارا بود. شکل ۴-۱۵ مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک نیز اختلاف معنی دار در سطوح معنی دار نشان داد و کمترین مقدار کلروفیل a (۰/۰۱mg/g Fw) تیمار S۰H۰ و بیشترین مقدار کلروفیل a (۰/۰۱۷۵mg/g Fw) تیمار $S_1H_2$ دارا بود.

ابوعلی و مددی (۲۰۰۹) افزایش ۳۸/۶-۳۳ درصدی کلروفیل a را در اثر کاربرد اسید هیومیک در گیاه گندم گزارش کردند. دولت آبادی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی دریافتند استفاده از هیومیک اسید میزان کلروفیل a را در گیاه سورگوم به طور معنی دار افزایش داد. اسید هیومیک با قراردادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسبتر در اختیار گیاه توانسته است، میزان ساخت رنگیزه ها را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحتتر نماید (داوودی فرد و همکاران ۱۳۹۱). همزیستی میکوریزی می تواند با افزایش غلظت کلروفیل در برگ های گیاهان و کاهش تبخیر و تعرق توسط آنها سبب افزایش سرعت فتوسنتز و تثبیت کربن شود (فنگ و همکاران ۲۰۰۲). همچنین قارچ های میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می کنند و می توانند سنتز کلروفیل را افزایش دهند. طی آزمایشی مشخص گردید که تلقیح گیاه شبدر با قارچ های میکوریزا سبب افزایش سطح برگ ها و در نتیجه افزایش میزان کلروفیلa شده است (رایت و همکاران ۱۹۹۸). هم زیستی میکوریزایی موجب افزایش غلظت کلروفیل a در گیاه میزبان می شود، به طوریکه در گیاه لوبیا تلقیح شده با قارچ میکوریز میزان غلظت کلروفیل نسبت به تیمار شاهد غیر میکوریزی بیشتر بوده است (رئیسی و غولارتا ۲۰۰۶).

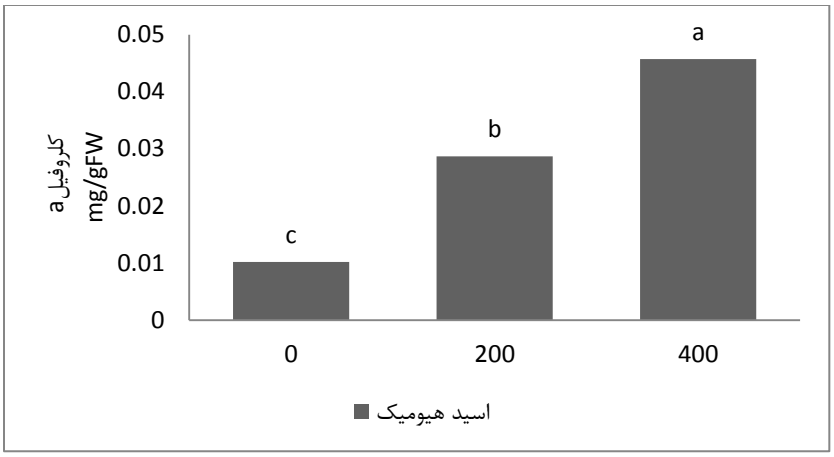
به طورکلی هرچه شرایط تغذیه ایی و محیطی از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات و بیماری ها برای رشد گیاه مناسب تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ ها و تولید انرژی بیشتر می شود، از این رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می شوند احتمالا بر میزان کلروفیل هم اثر دارند (دمیر ۲۰۰۴ ). داوودی فر (۱۳۹۱) بیان کرد باکاربرد همزمان تلقیح بذر با باکتریهای محرک رشد و اسید هیومیک درسطح آماری٪ ۵ بر میزان کلروفیلa گیاه گندم اختلاف معنی دار باتیمار شاهد مشاهده شد. کافی و همکاران (۱۳۹۲) با آزمایشی بر روی چمن لولیوم دریافتند مصرف توام اسید هیومیک و قارچ میکوریز باعث افزایش کلروفیل a شده است.




شکل ۴-۱۵اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر کلروفیل a




شکل۴-۱۶ اثر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک بر کلروفیل a

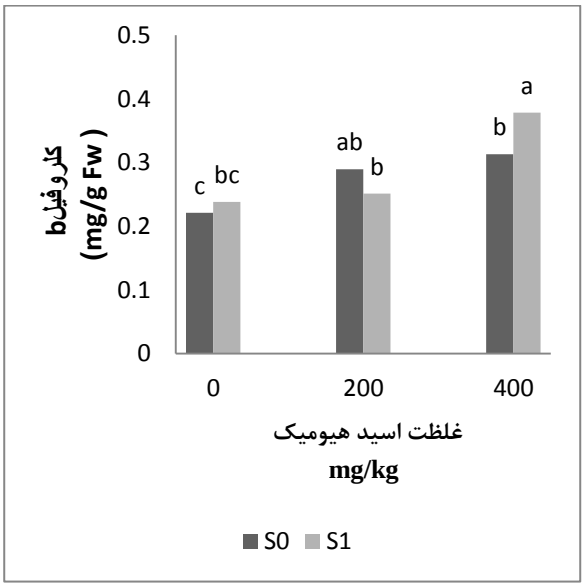



شکل ۴-۱۶ اثر اسید هیومیک بر کلروفیل a

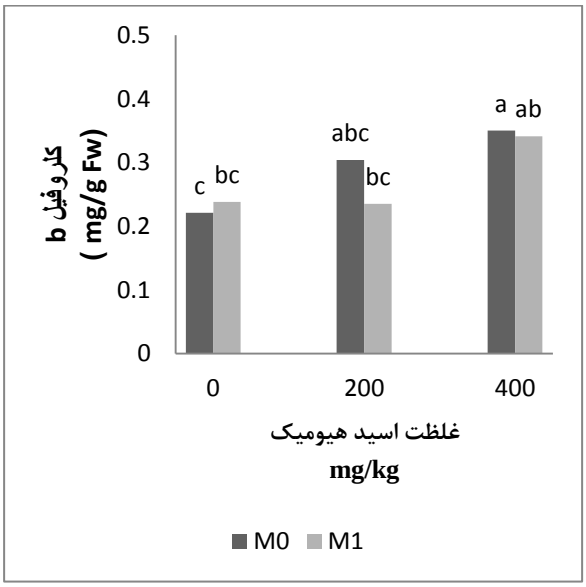
## ۴-۹-کلروفیل b برگ

همانطور که جدول تجزیه واریانس (۴-۷) نشان می دهد اثر اصلی اسید هیومیک و اثر توام اسید هیومیک و باکتری در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک در سطح احتمال ۵٪ بر مقدار کلروفیل b تاثیر معنی دار دارند ولی اثر اصلی باکتری و قارچ میکوریز و اثرات متقابل باکتری و قارچ میکوریز تاثیر معنی دار ندارند. همانطور که شکل۴-۱۸مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری نشان می دهد اختلاف معنی دار بین سطوح مختلف وجود دارد بطوریکه کمترین مقدار کلروفیلb (۰/۲۲۱ mg/g Fw) مربوط به تیمار S.H. و بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۳۷۸ mg/g Fw) مربوط به تیمار $S_1H_2$ می باشد. شکل۴-۱۹مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک نشان می دهد اختلاف معنی دار نیز بین سطوح مختلف وجود دارد و به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۲۲۱ mg/g Fw) تیمار M.H. و (۰/۳۵ mg/g Fw) تیمار $M.H_2$می باشد. در شکل ۴- ۲۰ مقایسه میانگین اثر اصلی مصرف سطوح مختلف اسید هیومیک نشان داده شده که اختلاف معنی دار در سطوح مختلف مصرف وجود دارد و کمترین مقدار کلروفیل b (۰/۲۳۱ mg/g Fw) مربوط به عدم مصرف اسید هیومیک H. و بیشترین مقدار کلروفیل b (۰/۳۴۵ mg/g Fw) مربوط به مصرف سطح سه اسید هیومیک $H_2$ می باشد

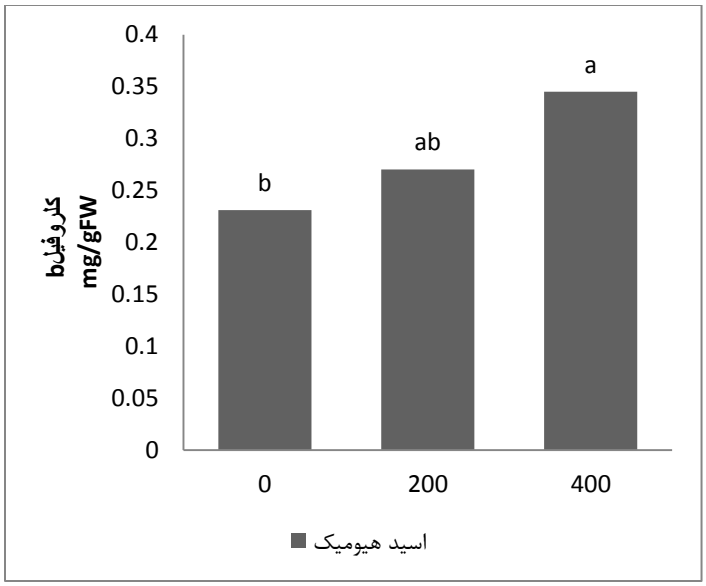
آقابابائی و همکاران (۱۳۸۹) به نتایج مشابهی در مورد اثر قارچ میکوریز بر کلروفیل b دست یافتند و بیان کردند اثر قارچ میکوریز *گلوموس اینترارادایسیز* بر کلروفیل b معنی دار نبوده است. قربانی و همکاران (۱۳۸۹) نیز دریافتند مصرف اسید هیومیک بر میزان کلروفیلb در گیاه ذرت اثر معنی دار داشته است. ولف و همکارن (۲۰۰۵) نیز همبستگی قوی بین مصرف اسید هیومیک و میزان کلروفیل b درگیاه سورگوم یافتند. شایان ذکر است که میزان کلروفیل برگ گیاهان به ویژگی های ژنتیکی و ذاتی هر گیاه نیز بستگی دارد و بسته به خصوصیات ژنتیکی هر واریته، غلظت در برگ ها تغییر می نماید(دمیر ۲۰۰۴). قورچیانی و همکاران(۱۳۹۰) با پژوهشی بر روی گیاه ذرت دریافتند اثر متقابل قارچ میکوریز و باکتری *سودوموناس فلورسنس* بر کلروفیل b این گیاه غیر معنی دار بوده است. کافی و همکاران (۱۳۹۲) نیز به نتایج مشابهی در مورد مصرف توام اسید هیومیک و قارچ میکوریز دست یافتند.




شکل ۴-۱۸اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر کلروفیل b برگ




شکل۴-۱۹ اثر قارچ میکوریز و اسید هیومیک بر کلروفیل b برگ



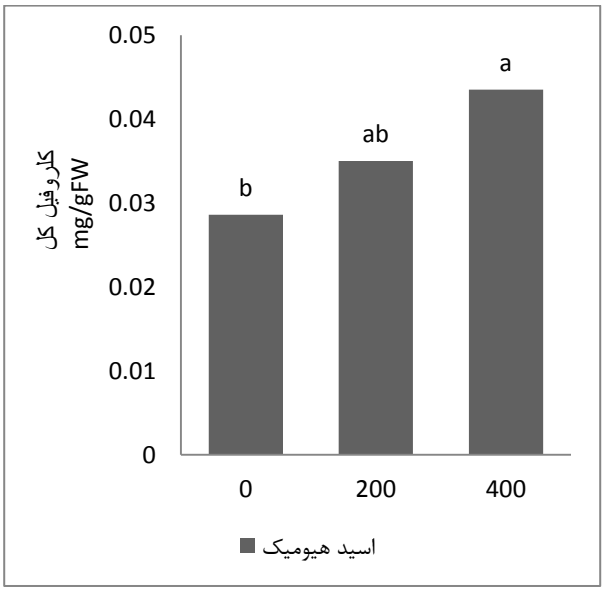

شکل ۴-۲۰ اثر اسید هیومیک بر کلروفیل b

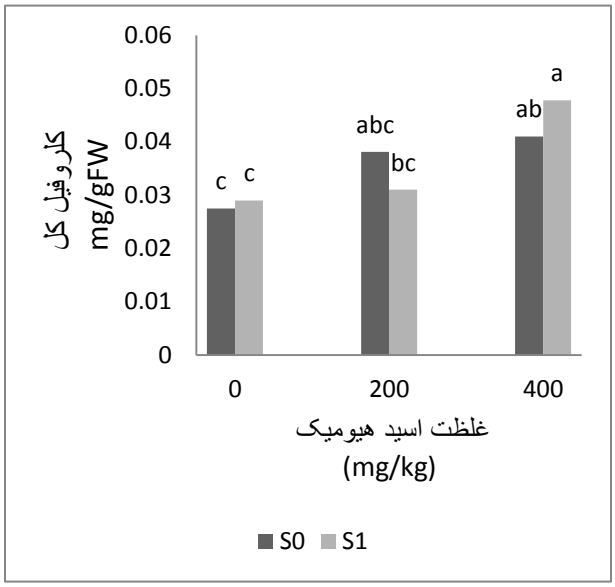
## ۴-۱۰-کلروفیل کل برگ

همانطور که در جدول تجزیه واریانس (۴-۷) آمده است اثر اصلی اسید هیومیک در سطح ۱٪ و اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری در سطح احتمال ۵٪ بر کلروفیل کل معنی دار بوده و سایر تیمارها اختلاف معنی داری بر کلروفیل کل نداشته است. شکل۴-۲۱ مقایسه میانگین باکتری و اسید هیومیک بر کلروفیل کل برگ نیز اختلاف معنی دار را نشان داد کمترین مقدار کلروفیل کل (۰/۰۲۷۵ mg/g Fw) مربوط به تیمار S.H. و بیشترین مقدار (۰/۰۴۷۸ mg/g Fw) به تیمار $S_1H_2$ اختصاص دارد. شکل ۴-۲۲ نشان می دهدکه مقایسه میانگین اثر اصلی اسید هیومیک بر کلروفیل کل معنی دار بوده است بطوریکه کمترین مقدار (mg/g Fw ۰/۰۲۸۶ ) مربوط به عدم مصرف اسید هیومیک H. و بیشترین مقدار (۰/۰۴۳۵ mg/g Fw) مربوط به مصرف سطح دوم اسید هیومیک $H_2$ می باشد.

دولت آبادی و همکاران (۱۳۹۳) با پژوهشی بر گیاه گندم دریافتند مصرف اسیدهیومیک بر کلروفیل کل معنی دار می باشد و بیان کردند اسید هیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسبتر در اختیار گیاه توانسته

است، میزان ساخت رنگیزه ها را افزایش داده و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحتتر نماید. اشنیتزر و همکاران (۱۹۸۱) در طی تحقیقات خود پی بردند. که اسیدهیومیک سبب افزایش جذب آهن، روی، مس و منگنز توسط خیار شد که افزایش جذب آهن و منگنز را میتوان دلیل مناسبی برای افزایش غلظت کلروفیل کل برگ دانست. پازکی و همکاران (۱۳۹۱) با پژوهشی بر گیاه گندم تحت تاثیر اسید هیومیک و باکتری محرک رشد به این نتیجه دست یافتند که اثر توام این دو باعث افزایش کلروفیل کل نسبت به تیمار شاهد گردیده است.



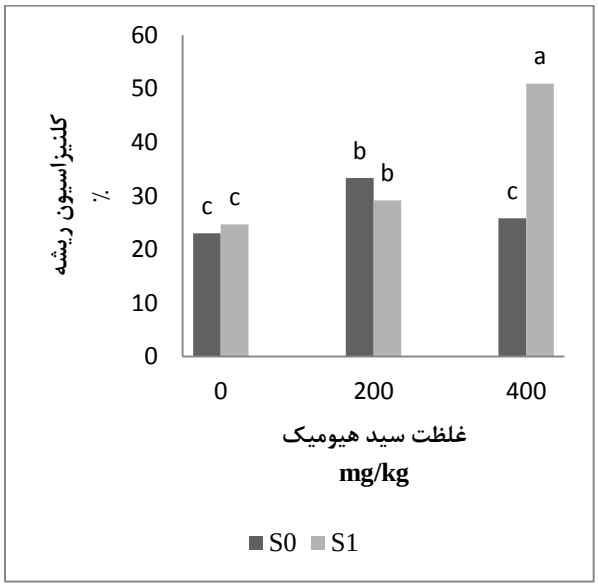




شکل۴-۲۱ اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر کلروفیل کل  شکل ۴-۲۲ اثر اسید هیومیک بر کلروفیل کل

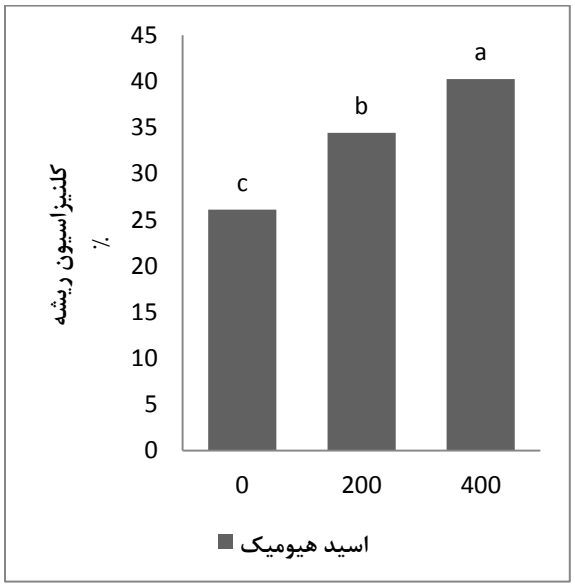
### ۴-۱۱-درصد کلنیزاسیون ریشه

جدول ۴-۱۰تجزیه واریانس نشان می دهد اثر قارچ میکوریز و اثر متقابل اسید هیومیک و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱٪ و اثر اصلی باکتری و اسید هیومیک و اثر متقابل باکتری و قارچ در سطح ۵٪ بر درصد کلنیزاسیون ریشه معنی دار بوده است. شکل ۴-۲۵ اثر متقابل اسید هومیک و قارچ مایکوریز نیز نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد و بیشترین مقدار میانگین درصد کلنیزاسیون (۶۰/۳۳ ٪) مربوط به$M_1H_2$ و کمترین میانگین کلنیزاسیون (۰/۰۰۱ ٪) مربوط به عدم مصرف هر یک از حالات قارچ میکوریز بوده است. شکل ۴-۲۶

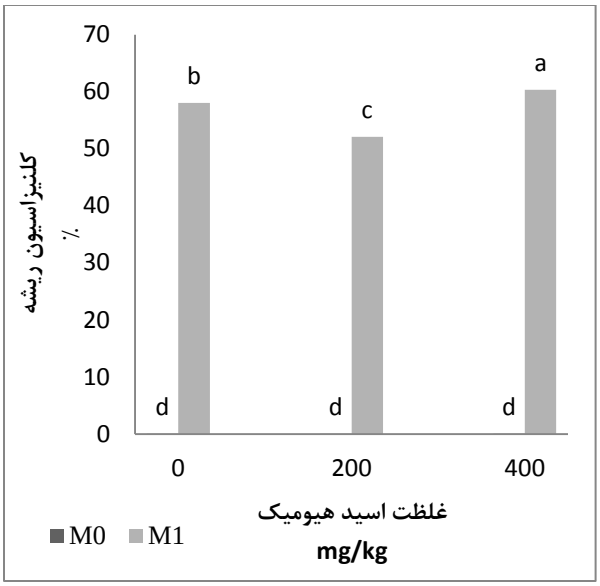
مقایسه میانگین درصد کلنیزاسیون ریشه نشان داد باکتری موجب کاهش درصد کلنیزاسیون ریشه شده است. شکل ۴-۲۴ مقایسه میانگین اسید هیومیک نشان می دهد که اسید هیومیک موجب افزایش درصد کلنیزاسیون ریشه شده است بطوریکه کمترین درصد کلنیزاسیون (۲۶/۰۸ ٪) مربوط به عدم مصرف اسید هیومیک $H_0$ و بیشترین درصد کلونیزاسیون (۴۰/۲۳ ٪) مربوط به مصرف ۴۰۰میلی گرم در کیلوگرم اسید هیومیک $H_2$ می باشد. نمودار۳-۲۳ مقایسه میانگین اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری نیز اختلاف معنی دار نشان داد و کمترین مقدار (۲۳ ٪) مربوط به تیمار $S_0H_0$ و بیشترین مقدار (٪ ۵۰/۹۸ ) مربوط به تیمار $S_1H_2$ می باشد.



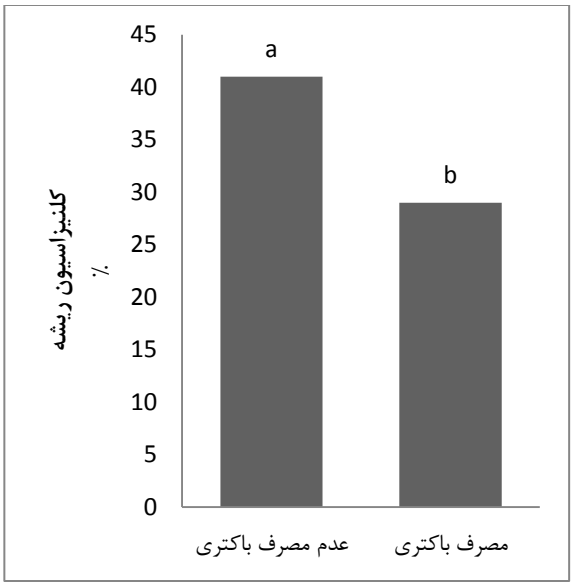

شکل۴-۲۳ اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری بر کلونیزاسیون ریشه



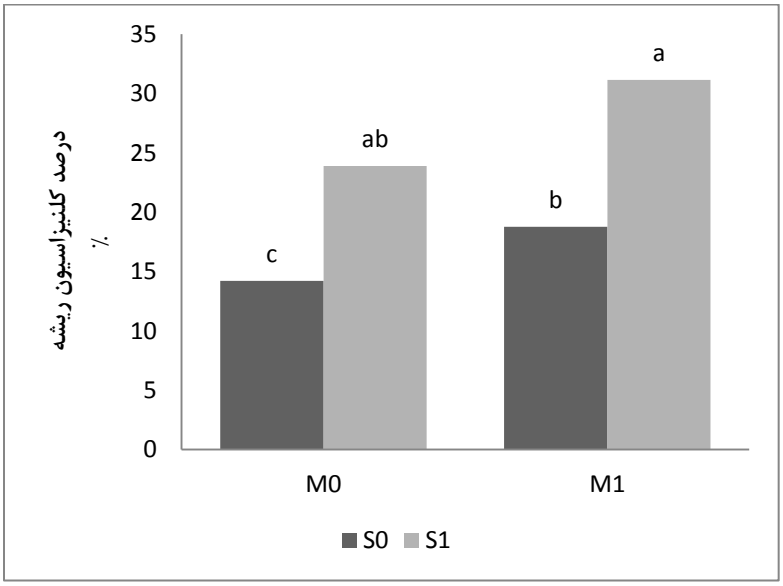

شکل ۴-۲۴ اثر اسید هیومیک بر کلنیزاسیون ریشه




شکل ۴-۲۵ اثر توام قارچ میکوریز و اسید هیومیک بر کلنیزاسیون ریشه




شکل ۴-۲۶مصرف باکتری و عدم مصرف باکتری بر کلنیزاسیون ریشه




شکل ۴-۲۷ اثر توام باکتری و قارچ میکوریز بر درصد کلنیزاسیون ریشه

قارچهای میکوریزا با اثر بـر سیسـتم ریشـه از طریـق ایجاد هیف و گسترش این سیستم در طول ریشه و اثر بر جذب عناصر و رشد، موجب تحمل شرایط نامساعد محیطی میگردند در واقع، حضور ریسه های خارجی این قارچها بـه عنـوان ادامه سیستم ریشهای گیاه میزبان موجب مـیشـود تـا ریشـه هـا جذب آب و عناصر غذایی

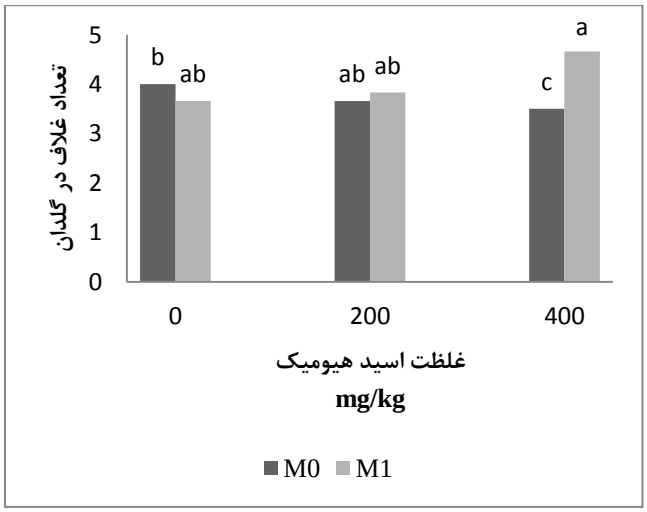
بیشتری نسبت به ریشه های بدون قارچ میکوریزا داشته باشند. داشتن سیستم ریشه ای وسیعتر و فعالتر موجب میشود تا گیاه حتی در غلظتهای کم عناصر غذایی، تحمل بهتری نسبت به شرایط محیطی داشته باشد. شاه حسینی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی بر روی گیاه ذرت دریافتند اثر اسید هیومیک بر کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد همچنین گزارش نمودند کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه به مقدار ۳/۳۰ ٪ نسبت به شاهد شد. اسیدهیومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسید های آمینه تکثیر سلولی را در کل گیاه به ویژه در ریشه ها افزایش می دهد دورسون و همکاران(۲۰۰۲). میرزاخانی و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که در شرایط مایه‌زنی گیاه گلرنگ با قارچ *G.intraradices* حضور باکتری *Azospirillum* باعث کاهش درصد کلنیزاسیون ریشه شده است.کونستانتینو و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که حضور باکتری *Pseudomonas* باعث کاهش معنی-دار درصد کلنیزاسیون ریشه فلفل می‌شود. اما ماروازکوئز و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که میکروارگانیسم-های *Azospirillum*، *Pseudomonas* و *Trichoderma* تاثیری بر کلنیزاسیون ریشه ذرت توسط قارچ میکوریز نداشتند. ویسواناتان و همکاران (۲۰۱۱) نیز عدم تاثیر *Azospirillum* بر کلنیزاسیون ریشه گوجه فرنگی را گزارش کردند. اثرات متقابل میکروارگانیسم‌ها در خاک و ریزوسفر بسیار پیچیده و عوامل مختلف است. احتمال دارد گونه‌های قارچی در تعامل با سایر میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر گیاهان متفاوت از هم عمل - کنند. داوودی فر و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی اثر باکتری *سودوموناس* و اسید هیومیک بر کلونیزاسیون گندم اعلام کردند که مصرف توام این دو تاثیر معنی داری بر کلونیزاسیون ریشه گیاه گندم داشته است. کریمی و همکاران (۱۳۹۱) اعلام کردند اثر اسید هیومیک بر کلنیزاسیون ریشه گیاه کدوی تخم کاغذی موثر بوده است.

**۳-۱۲-تعداد غلاف**

همانطور که در جدول تجزیه واریانس (۴-۱۲) نشان داده شده است اثر اصلی قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱٪ و اثر توام اسید هیومیک و قارچ میکوریز در سطح ۵٪ بر تعداد غلاف در گلدان معنی دار می باشد و سایر تیمار

ها اثر معنی داری بر تعداد غلاف ندارند. شکل۴-۲۸ مقایسه میانگین اثر توام قارچ میکوریز و اسید هیومیک نیز نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد و کمترین میانگین تعداد غلاف در گلدان (۳/۵) مربوط به تیمار $M_0H_2$ و بیشترین میانگین تعداد غلاف در گلدان (۴/۶۶) مربوط به تیمار $M_1H_2$ می باشد. با توجه به جدول ۴-۱۳ مشاهده می شود که مصرف قارچ میکوریز باعث افزایش تعداد غلاف در بوته می شود.

صفار پور و همکاران (۱۳۸۹) با پژوهشی بر روی گیاه لوبیا دریافتند اثر قارچ میکوریز *G.intraradices* بر تعداد غلاف این گیاه موثر بوده است نتایج صادقی و همکاران (۱۳۸۴) نیز با نتایج فوق مطابقت دارد. قاسمی و پیر بلوطی (۱۳۸۱) نشان دادند که تلقیح ارقام لوبیا با قارچ میکوریز با میانگین ۱۲/۷۷ غلاف در بوته بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۷/۸۸ غلاف در بوته کمترین تعداد را دارا بوده است. همتی (۱۳۹۰) با پژوهشی بر روی گیاه کلزا دریافت اسید هیومیک مستخرج از ورمی کمپوست به همراه قارچ میکوریز تاثیر معنی داری بر تعداد خوشه این گیاه داشته است. اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری باعث افزایش جذب عناصر شده و باروری و تولید در گیاهان را افزایش می دهد (خزاعی و همکاران ۲۰۰۹).

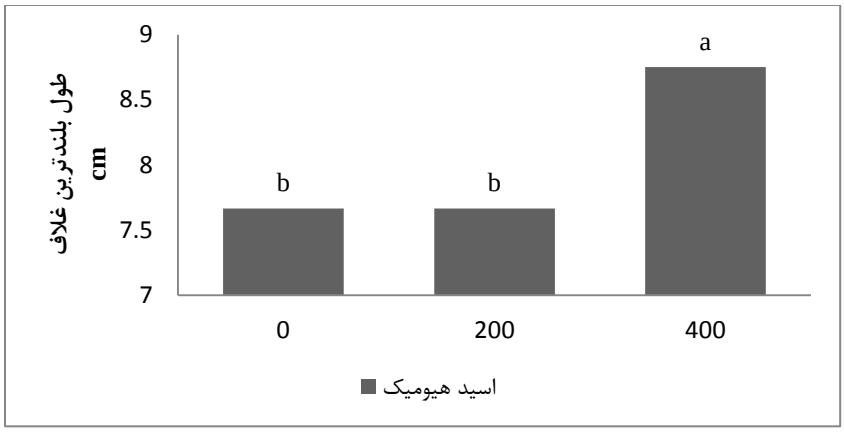



شکل ۴-۲۸ ا ثر متقابل اسید هیومیک و قارچ بر تعداد غلاف

### ۴-۱۳-طول بلندترین غلاف

جدول تجزیه واریانس۴-۱۲ نشان می دهد اثر اصلی اسید هیومیک در سطح ۱٪ و اثر اصلی قارچ میکوریز و باکتری در سطح ۵٪ معنی دار می باشد و سایر تیمار ها اثر معنی داری بر طول غلاف نداشته است. جدول ۴-۱۳نشان می دهد اثر اصلی باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ میکوریز باعث افزایش طول غلاف شده است شکل ۴-۲۹ مقایسه میانگین مصرف اسید هیومیک نشان می دهد که سطح اول و دوم دارای اختلاف معنی داری باهم نیستند (۷/۶۶۷ cm) ولی مصرف ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اسید هیومیک مقدار بیشتری (۸/۷۵ cm) از دو سطح قبل دارد.

آرگاو (۲۰۱۲) مشاهده نمود که تعداد غلاف در بوته در تیمارهای تلقیح با باکتری سودوموناس پوتیدا به طور معنی داری نسبت به تیمارهای عدم تلقیح افزایش یافت وی تعداد غلاف را در بوته از مهمترین اجزای عملکرد در تعیین میزان نهایی عملکرد دانه معرفی نمود. یساری (۱۳۹۲) طی پژوهشی بر روی گیاه سویا دریافت اثر باکتری سودوموناس پوتیدا بر طول غلاف دارای اثر معنی دار بود. صفارپور(۱۳۹۱) دریافت اثر قارچ میکوریز *G.intraradices* بر طول غلاف گیاه لوبیا موثر بوده است.کریمی و همکاران (۱۳۹۲) با پژوهشی بر روی گیاه لوبیا سبز نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.جهان و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی بر روی لوبیا قرمز دریافتند مصرف اسید هیومیک باعث افزایش طول غلاف در این گیاه شده است. کاظمی پشت مساوی (۱۳۸۶) نشان داد که کود های زیستی وآلی باعث افزایش طول غلاف در گیاه باقلا می گردد این یافته ها نیز با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد.



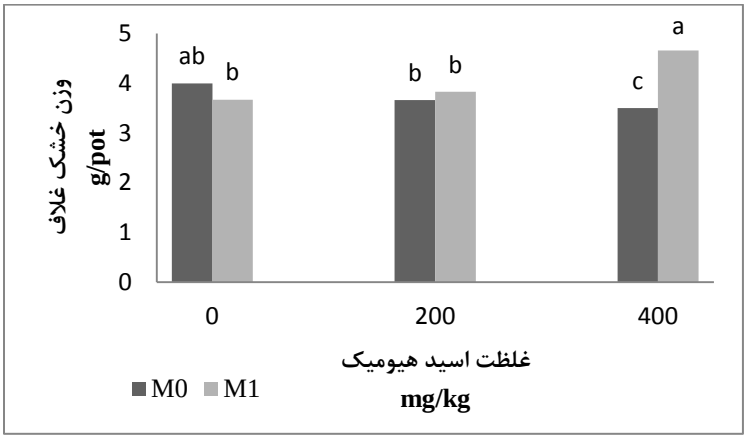

شکل ۴-۲۸ اثر اسید هیومیک بر طول بلندترین غلاف

### ۴-۱۴-وزن خشک غلاف

جدول تجزیه (۴-۱۲) واریانس نشان می دهد مصرف توام قارچ میکوریز و باکتری در سطح ۱٪ و اثر اصلی قارچ میکوریز و مصرف توام قارچ میکوریز و اسید هیومیک در سطح ۵٪ بر وزن خشک غلاف معنی دار می باشد و سایر تیمار ها بر وزن خشک غلاف موثر نمی باشد. باتوجه به جدول ۴-۱۳ قارچ میکوریز باعث افزایش وزن خشک غلاف شده است. جدول مقایسه میانگین ۴-۱۴ نشان می دهد مصرف توام قارچ میکوریز و باکتری سودوموناس دارای اختلاف معنی دار می باشد و کمترین میانگین وزن خشک غلاف (۰/۶۹۸ g/pot) مربوط به تیمار $M.S_{.}$ و بیشترین میانگین وزن خشک غلاف (۰/۸۲۱ g/pot) مربوط به تیمار $M_{۱}S_{.}$ می باشد. شکل۴-۲۹ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و اسید هیومیک نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد و به ترتیب کمترین و بیشترین میانگین وزن خشک غلاف (۳/۵g/pot) به تیمار $M.H_{۲}$ و (۴/۶۶g/pot) به تیمار $M_{۱}H_{۲}$ متعلق می باشد. مقایسه میانگین اسید هیومیک اختلاف معنی داری نشان نداد.

صفارپور و همکاران (۱۳۹۱) اعلام کردند بیشترین وزن خشک غلاف لوبیا از مصرف تیمار *G.intraradices* به دست آمد. امینی (۱۳۸۱) اعلام کرد صفت وزن خشک غلاف دارای همبستگی بالا و معنی داری با عملکرد

دانه می باشد. بهزاد (۱۳۸۷) گزارش کرد استفاده از باکتری محرک رشد گیاه و قارچ میکوریز بر روی وزن خشک بلال ذرت موثر بوده است. قورچیانی و همکاران (۱۳۸۹) با تحقیقی بر گیاه ذرت نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. حاجی حسنی و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی اثر اسید هیومیک و قارچ میکوریز و لوبیا چشم بلبلی دریافتند که مصرف توام این دو باعث افزایش وزن خشک غلاف شده است.



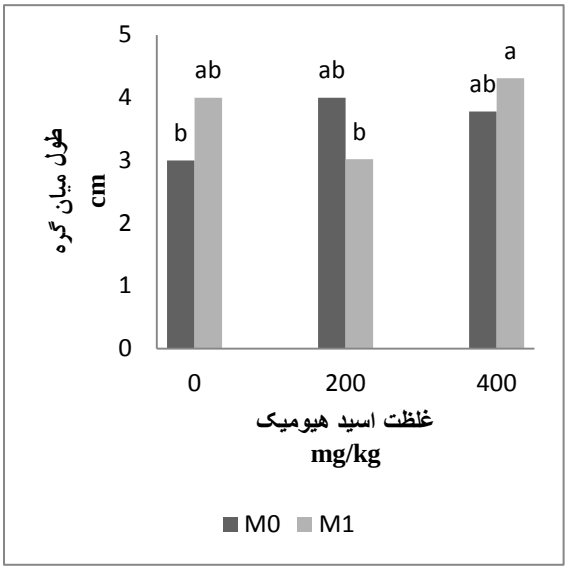

شکل۴-۲۹ اثر متقابل قارچ و اسید هیومیک بر وزن خشک غلاف

## ۴-۱۵-طول میان گره

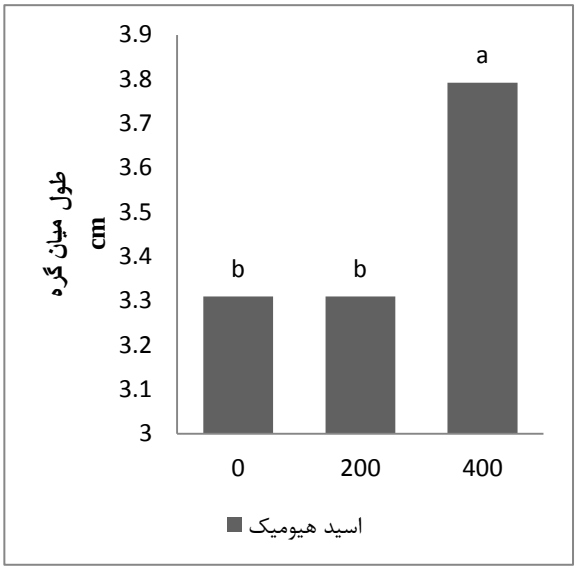
جدول (۴-۱۵) تجزیه واریانس نشان می دهد اثر اصلی اسید هیومیک و اثر توام باکتری و قارچ در سطح ۱٪ و مصرف توام اسید هیومیک و قارچ میکوریز و اثر اصلی قارچ در سطح ۵٪ برطول میانگره موثر می باشد و اثر اصلی باکتری، اسید هیومیک و باکتری و اثر متقابل سه فاکتور بر طول میان گره غیر معنی دار می باشد. مصرف قارچ میکوریز باعث افزایش طول میان گره شده است. شکل۴-۳۰مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و اسید هیومیک اختلاف معنی داری در سطوح مختلف دارد و کمترین میانگین طول میانگره (۳ cm ) را دو تیمار M.H. و بیشترین میانگین طول میانگره (۴/۳۱ cm) را تیمار $M_1H_2$ نشان داد. همانطور که شکل ۴-۳۱ مقایسه میانگین اثر اصلی اسید هیومیک نشان می دهد که مصرف ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم تاثیر معنی دار بر طول میانگره دارد (۳/۷۹۲cm ) و سطح اول و دوم اسید هیومیک مقدار برابری (۳/۳۱cm) دارند . جدول ۴-

۱۷مقایسه میانگین اثر توام باکتری و قارچ میکوریز اختلاف معنی دار نشان می دهد و کمترین میانگین طول میانگره (۳/۴۱ cm) مربوط به تیمار $S_0M_0$ و بیشترین میانگین طول میانگره (۳/۸۹ cm) را تیمار $S_1M_1$ را دارا می باشد.

صفارپور و همکاران (۱۳۸۹) در آزمایشی بر روی گیاه لوبیا در یافتند اثر قارچ میکوریز بر طول میانگره این گیاه موثر بوده است. موسوی جنگلی (۱۳۸۴) گزارش نمود قارچ های میکوریز پس از همزیست شدن با گیاهان میزبان بر جنبه های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمی گیاه تاثیر گذاشته و موجب بهبود رشد و نمو آن می شود. نوین و همکاران (۲۰۰۸) اعلام کردند تلقیح قارچ میکوریز و باکتری *سودوموناس* سبب رشد بیشتر اندام های رویشی گیاه می شود و طول ساقه را افزایش می دهد. طول میانگره از عوامل بسیار مهم بر ارتفاع گیاه می باشد و هانگ و همکاران (۲۰۰۵) اعلام کردند کاهش ارتفاع گیاه به دلیل کاهش فواصل میانگره می باشد. اتیه و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند رشد گیاه با افزایش کاربرد اسید هیومیک استخراج شده از ورمی کمپوست یک همبستگی معنی دار و مثبتی دارد. دورسون و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند اسیدهیومیک با تولید اسید نوکلئیک باعث تکثیر سلولی می شود. طبیعی است وقتی میزان نیتروژن و فسفر بیشتری در اختیار گیاه قرار بگیرد رشد رویشی گیاه نیز افزایش خواهد یافت.




شکل ۴-۳۰ اثر متقابل قارچ و اسید هیومیک بر طول میانگره



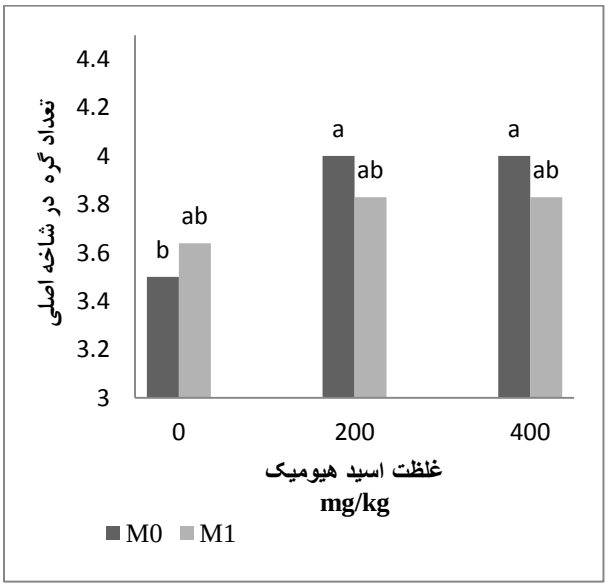

شکل ۴-۳۱ اثر اسید هیومیک بر طول میانگره

## ۴-۱۶- تعداد گره در شاخه اصلی

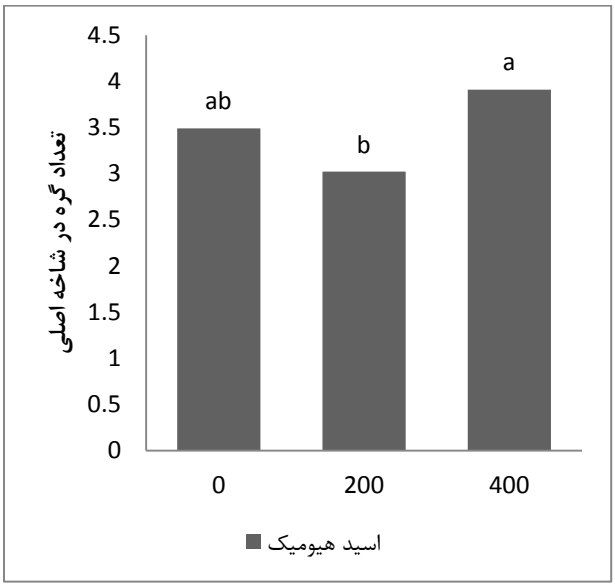
جدول تجزیه واریانس ۴-۱۵نشان می دهد اثر اصلی اسید هیومیک در سطح ۱٪ و اثر اصلی قارچ میکوریز و اثر توام اسید هیومیک و قارچ میکوریز در سطح ۵٪ بر تعداد گره در شاخه اصلی معنی دار می باشد و اثر اصلی باکتری، اثر توام قارچ میکوریز و باکتری، اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک و اثر متقابل سه فاکتور اثر معنی داری بر تعداد گره در شاخه اصلی ندارد. شکل۴-۳۲ مقایسه میانگین قارچ میکوریز و اسید هیومیک نشان می دهد سطوح مختلف مصرف دارای اختلاف معنی دار می باشد و کمترین میانگین تعداد گره در شاخه اصلی (۳/۵) در تیمار $M_0H_0$ و بیشترین میانگین تعداد گره در شاخه اصلی (۴/۰۰) به دو تیمار $M_0H_1$ و $M_0H_2$ مربوط می شود. با توجه به شکل ۴-۳۳ مصرف ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اسید هیومیک دارای بیشترین میانگین تعداد گره در شاخه اصلی (۳/۹۱) می باشد و مصرف سطح دوم اسید هیومیک $H_1$ دارای کمترین (۳/۰۲) میانگین تعدادگره در شاخه اصلی است.

امینی (۱۳۸۱) اعلام کرد تعداد گره در شاخه اصلی با عملکرد گیاه رابطه مستقیم دارد. تحقیقات خالد و الخیدر (۱۹۹۳) نشان داده است که گوجه فرنگی میکوریزی شده دارای ماده خشک، تعداد گره، شاخه های عمودی و

برگ های بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزی بوده است. فاطمی و همکاران (۱۳۹۰) اعلام کردند مصرف اسید هیومیک تعداد گره بیشتری در ساقه ریحان را نسبت به تیمار شاهد داشت که این نتیجه با نتایج ابراهیم و همکاران (۲۰۰۸) نیز مطابقت دارد.




شکل۴-۳۲ اثر متقابل قارچ و اسید هیومیک بر تعداد گره شاخه اصلی



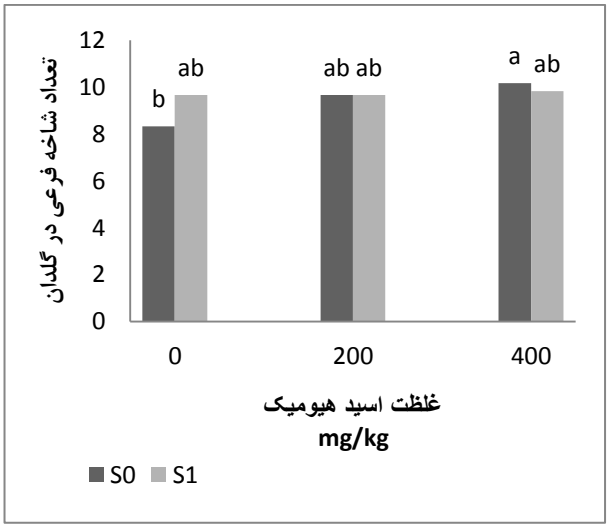

شکل ۴-۳۳ اثر اسید هیومیک بر تعداد گره در شاخه اصلی

### ۴-۱۷- تعداد شاخه فرعی در بوته

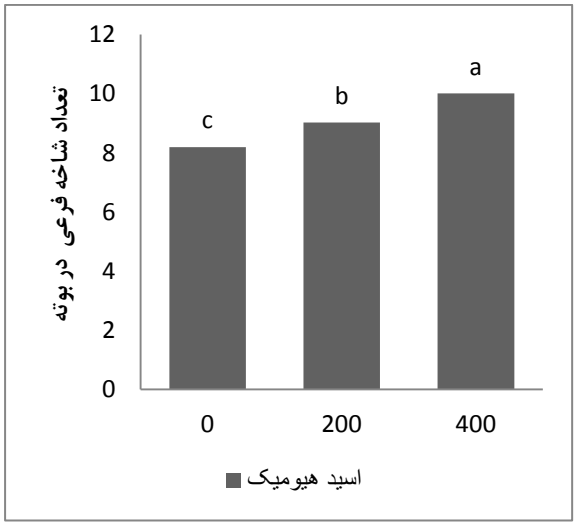
جدول تجزیه واریانس ۴-۱۵ نشان می دهد اثر اصلی قارچ میکوریز در سطح ۱٪ و اثر اصلی باکتری سودوموناس و اثر اصلی اسید هیومیک و اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک در سطح ۵٪ بر تعداد شاخه فرعی در بوته معنی دار می باشد و تاثیر متقابل باکتری و قارچ میکوریز همچنین اثر متقابل قارچ میکوریز و اسید هیومیک و اثر متقابل سه فاکتور بر تعداد شاخه فرعی موثر نمی باشد. شکل۴-۳۴ مقایسه میانگین باکتری و اسید هیومیک نشان می دهد اختلاف معنی دار وجود دارد بطوریکه کمترین میانگین تعداد شاخه فرعی (۸/۳۳) مربوط به تیمار .S.H و بیشترین میانگین تعداد شاخه فرعی (۱۰/۱۷) مربوط به تیمار S.H۲ می باشد. شکل ۴-۳۵ اثر

اسید هیومیک بر تعداد شاخه فرعی را نشان می دهد و بیانگر اینست که بیشترین میانگین تعداد شاخه فرعی در بوته (۱۰) مربوط به $H_2$ و کمترین میانگین تعداد شاخه فرعی (۸/۱۹) مربوط به تیمار $H_0$ می باشد.

صفارپور و همکاران (۱۳۸۹) بیان کرد بیشترین تعداد شاخه فرعی از تیمار مصرف میکوریز بدست آمده است. ووهویدی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند تعداد شاخه فرعی در تیمار مصرف باکتری *سودوموناس پوتیدا* (۳/۸۶) نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت که باکتری *سودوموناس* علاوه بر ریشه زایی و رشد تاثیر معنی داری بر تعداد شاخه فرعی و رشد اندام هوایی سویا داشت. همتی (۱۳۹۰) طی پژوهشی بر روی گیاه کلزا دریافت اثر اسید هیومیک موجب افزایش تعداد شاخه فرعی این گیاه شده است. طبق تحقیق کوردیو و همکاران (۲۰۱۱) اسید هیومیک می تواند تاثیر مثبتی بر فیزیولوژی گیاه داشته و باعث توسعه ریشه و همچنین شاخه جانبی می گردد.



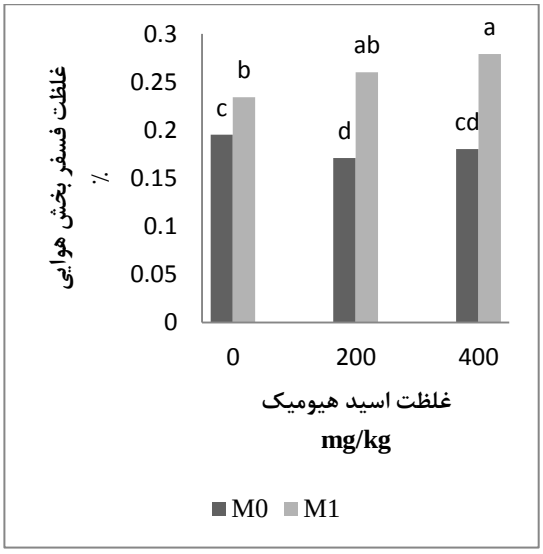

شکل ۴-۳۴ اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر تعداد شاخه فرعی

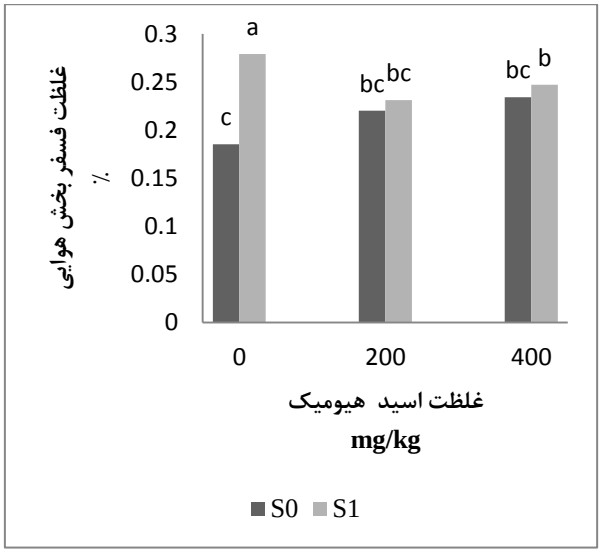



شکل ۴-۳۵ اثر اسید هیومیک بر تعداد شاخه فرعی

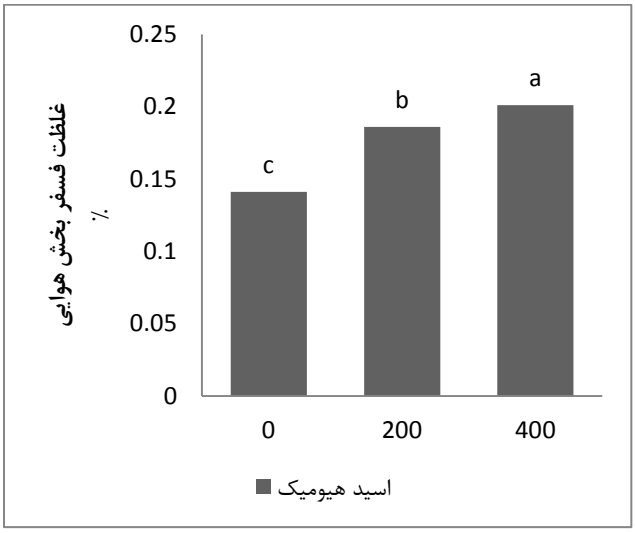
## ۴-۱۸- غلظت فسفر بخش هوایی

جدول تجزیه واریانس (۴-۱۸) نشان می دهد اثر اصلی باکتری و قارچ میکوریز در سطح ۱٪ و اثر اصلی اسید هیومیک، اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری، اثر توام اسید هیومیک و قارچ در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی دار بر غلظت فسفر بخش هوایی می باشد و اثر متقابل باکتری و قارچ و همچنین اثر توام سه فاکتور اختلاف معنی دار از نظر آماری نشان نداد. با توجه به جدول ۴-۱۹ مصرف قارچ میکوریز و باکتری سودوموناس مقدار فسفر گیاه لوبیا را افزایش داده است. شکل ۴-۳۶ مقایسه میانگین اثر توام باکتری و اسید هیومیک نشان می دهد اختلاف معنی دار وجود دارد و کمترین میانگین غلظت فسفر (۰/۱۸۵ ٪) به تیمار $S_0H_0$ و بیشترین میانگین غلظت فسفر (۰/۲۷۹ ٪) به تیمار $S_1H_0$ مربوط می شود. درشکل۴-۳۷ مقایسه میانگین اثر توام قارچ و اسید هیومیک اختلاف معنی دار مشاهده شد و کمترین میانگین غلظت فسفر (۰/۱۷۱٪) به تیمار $M_0H_1$و بیشترین میانگین غلظت فسفر (۰/۲۷۹ ٪) به تیمار $M_1H_2$ مربوط می باشد. شکل ۴-۳۸ مقایسه میانگین مصرف اسید هیومیک نشان می دهد مصرف ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم باعث افزایش (۰/۲۰۱ ٪)غلظت فسفر بخش هوایی گیاه لوبیا شد و عدم مصرف اسید هیومیک (۰/۱۴۱٪) کمترین غلظت فسفر بخش هوایی را دارا می باشد.



شکل۴-۳۶ اثر توام باکتری و اسید هیومیک بر غلظت فسفر هوایی  شکل ۴-۳۷ اثر توام قارچ و اسید هیومیک بر غلظت فسفر هوایی

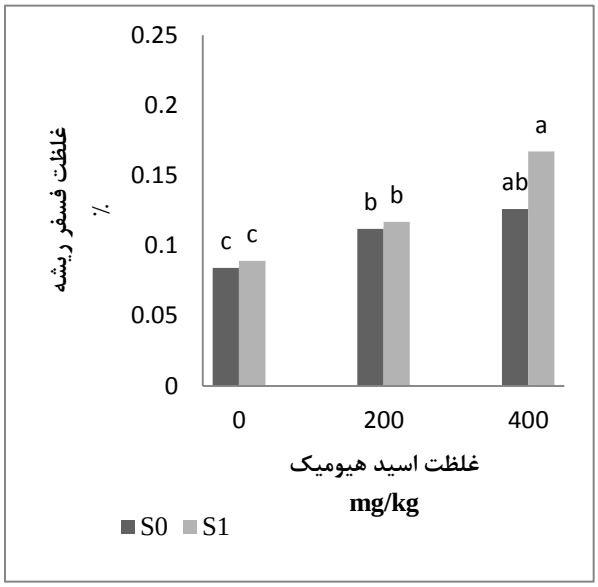



شکل ۴-۳۸ اثر اسید هیومیک بر غلظت فسفر بخش هوایی

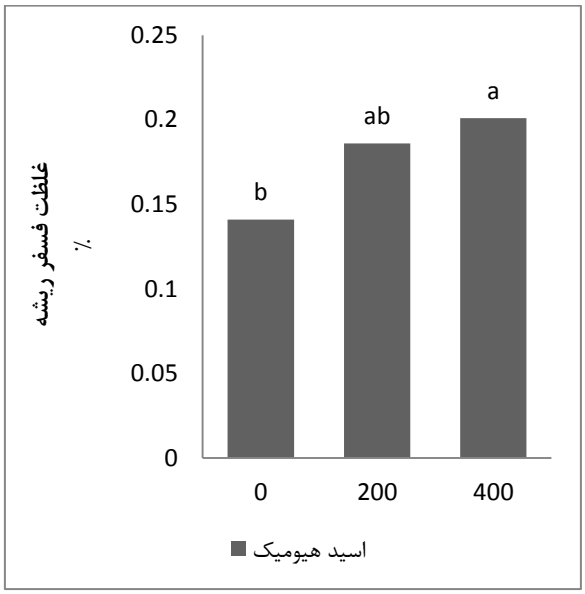
### ۳-۱۹-غلظت فسفر ریشه

جدول تجزیه واریانس (۴-۱۸) نشان می‌دهد که اثر اصلی اسید هیومیک و قارچ در سطح احتمال ٪۱ و اثر توام باکتری و قارچ، اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری و اثر اصلی باکتری در سطح احتمال ٪۵ بر غلظت فسفر ریشه معنی‌دار می‌باشد و اثرات متقابل اسید هیومیک و قارچ، اسید هیومیک و باکتری، قارچ و باکتری، و اسید هیومیک  بر غلظت فسفر ریشه معنی‌دار نمی‌باشد. شکل ۴-۳۹ اثر متقابل اسید هیومیک و باکتری نیز نشان می دهد اختلاف معنی دار بین سطوح مختلف مصرف وجود دارد بطوریکه کمترین میانگین غلظت فسفر ریشه در تیمار$S_0H_0$ (٪ ۰/۰۸۴) و بیشترین میانگین غلظت فسفر ریشه  در تیمار $S_1H_2$(٪ ۰/۱۶۷) مشاهده می شود. شکل ۴-۴۰ مقایسه میانگین مصرف اسید هیومیک نشان می‌دهد که مصرف اسید هیومیک باعث افزایش غلظت فسفر ریشه می‌شود به طوری که کمترین میانگین غلظت فسفر ریشه (٪ ۰/۰۹۸) در تیمار $H_0$ و بیشترین میانگین (٪ ۰/۱۲۰) در تیمار$H_2$  مشاهده می‌شود. باکتری و قارچ نیز موجب افزایش در غلظت می‌گردد (جدول

۴-۱۸).جدول مقایسه میانگین ۴-۲۰ نشان می‌دهد که اثر متقابل قارچ و باکتری دارای تفاوت معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد به‌طوری که کمترین غلظت فسفر ریشه (٪ ۰/۰۹۲۱) در تیمار$M_1S_0$ و بیشترین میانگین (٪ ۰/۱۲۳) در تیمار$M_1S_0$ مشاهده می‌شود.




۴-۳۹ اثر متقابل باکتری و اسید هیومیک بر غلظت فسفر ریشه



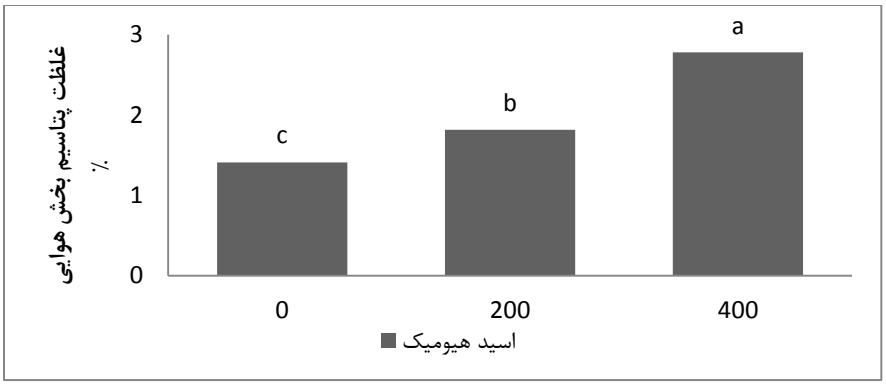

شکل ۴-۴۰ اثر اسید هیومیگ بر غلظت فسفر ریشه

چاندراشکارا و همکاران (۱۹۹۵) و بابایی و همکاران (۲۰۱۲) افزایش معنی‌دار جذب فسفر در آفتابگردان تحت تیمار قارچ میکوریزی را مشاهده کردند. ویسواناتان و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که مایه‌زنی گوجه‌فرنگی با قارچ *G.fasciculatum* و باکتری *Azospirillum* باعث افزایش مقدار فسفر بخش ریشه گیاه شده است. توسلی و علی‌اصغرزاد (۱۳۸۸) اظهار داشتند با تلقیح گیاهان به قارچ‌های میکوریزی، می‌توان مصرف کودهای فسفری را کاهش داد. تلقیح میکوریزی، غلظت فسفر را در گیاهان با افزایش جذب آن توسط هیف‌های قارچ، افزایش می‌دهد. تخمین زده می‌شود که هیف‌های خارج ریشه‌ای بیش از ٪۸۰ نیاز فسفر گیاه را تامین می‌کنند (ماتاموروس و همکاران، ۱۹۹۹). افزایش غلظت فسفر در گیاهان میکوریزی به دلایل مختلف از جمله افزایش سطح جذب ریشه، کاهش pH محیط ریشه، پایین بودنKm ( ثابت بیوشیمیایی، غلظتی از سوبسترا است که

در آن سرعت واکنش نصف سرعت ماکزیمم است) قارچ نسبت به گیاه، و فعالیت زیاد آنزیم فسفاتاز قارچ‌های میکوریزی می‌باشد (علی‌اصغرزاد، ۱۳۷۶). جنس *سودوموناس* با تولید اسید های آلی، قابلیت دسترسی فسفر را افزایش می دهد( بوزاتو و همکاران ۲۰۰۲). مواد هوموسی به عنوان مهمترین بخش مواد آلی به طور مستقیم رها سازی عناصر غذایی، ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت بافری فسفر و ابقا مولکول های آلی نقش اساسی دارد (فرقانی و جوانمرد۱۳۸۴). بولنت آسیک و همکاران (۲۰۱۱) تاثیر اسید هیومیک را بر روی گونه *Triticum durum* مورد آزمایش قرار دادند و نتایج نشان داد اسید هیومیک موجب افزایش جذب فسفر می گردد.در تحقیقی که در دانشگاه هاریانا هندوستان انجام شد نشان داد باکتری حل کننده فسفات (*سودوموناس*) باعث افزایش فسفر گیاه ذرت گردید (کومار و سینغ ۲۰۰۱). باکتریهای جنس *سودوموناس* و به خصوص *سودوموناس های فلورسنس* از مهمترین اعضای جامعه ی باکتریهای ریزوسفری هستند که سبب افزایش قابل ملاحظه میزان جذب فسفر در گیاهان زراعی میگردد (یساری ۱۳۹۲).

### ۴-۲۰- غلظت پتاسیم بخش هوایی

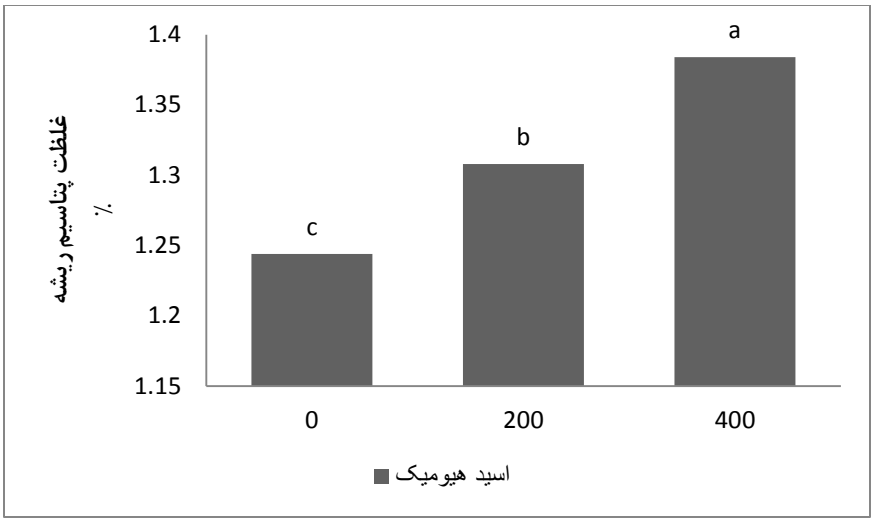
جدول تجزیه واریانس۴-۱۸ نشان می دهد اثر اصلی اسید هیومیک و قارچ میکوریز در سطح احتمال ۱٪ و اثر اصلی باکتری در سطح احتمال ۵٪ معنی دار می باشد و سایر اثرات متقابل بی معنی می باشد. شکل ۴-۴۱مقایسه مصرف اسید هیومیک نشان می‌دهد که اسید هیومیک باعث افزایش غلظت پتاسیم بخش هوایی می-شود. بیشترین میانگین غلظت پتاسیم بخش هوایی (٪ ۲/۷۷۹) مربوط به سطح $H_2$ و کمترین میانگین (٪ ۱/۴۰۸) مربوط به سطح $H_0$ بوده و بین هر سه سطح مصرف اسید هیومیک اختلاف معنی‌دار وجود دارد.




شکل ۴-۴۰ اثر اسید هیومیک بر غلظت پتاسیم بخش هوایی

## ۴-۲۱- غلظت پتاسیم ریشه

جدول تجزیه واریانس(۴-۱۸) نشان می‌دهد که اثراصلی اسید هیومیک و باکتری و قارچ میکوریزا در سطح احتمال ٪۱ و اثرات متقابل باکتری و قارچ در سطح احتمال ٪۵ معنی دار می باشد و اثرات متقابل اسید هیومیک و قارچ، اسید هیومیک و باکتری، و اسید هیومیک ، بر غلظت پتاسیم ریشه معنی‌دار نمی‌باشد. جدول ۴-۱۸ نشان می دهد مصرف مجزای باکتری و قارچ میکوریز باعث افزایش غلظت پتاسیم بخش ریشه شده است. شکل ۴-۴۲مقایسه میانگین نشان می‌دهد که حضور اسید هیومیک باعث افزایش غلظت پتاسیم ریشه می‌شوند به طوریکه بیشترین میانگین غلظت پتاسیم ریشه (٪ ۱/۳۸۴) مربوط به سطح $H_2$ و کمترین میانگین (٪ ۱/۲۴۴) مربوط به سطح.H بوده و بین هر سه سطح اسید هیومیک اختلاف معنی‌دار وجود دارد.جدول مقایسه میانگین ۴-۲۰ نشان می‌دهد که اثر متقابل قارچ و باکتری دارای اختلاف معنی دار در مقایسه میانگین می باشد به طوری که کمترین میانگین غلظت پتاسیم (٪ ۱/۴۶۴) در تیمار.S.M و بیشترین میانگین (٪ ۲/۳۸۰) در تیمار $S_1M_1$ مشاهده می‌شود.



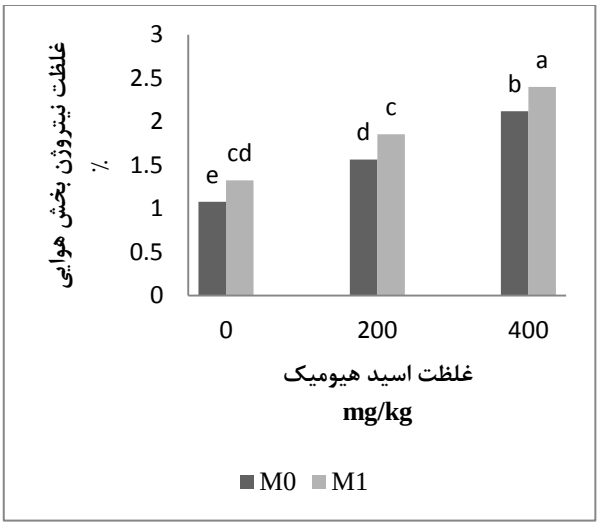

شکل ۴-۴۲ اثر اسید هیومیک بر غلظت پتاسیم ریشه

پارسا مطلق و همکاران (۱۳۸۹) با تحقیقی بر روی گیاه لوبیا در یافتند قارچ میکوریز در سطح ۱٪ بر پتاسیم برگ گیاه لوبیا موثر بوده است. پاس و همکاران (۱۹۹۵) به این نتیجه دست یافتند که در گیاه پیاز میکوریزایی شده قارچ میکوریز باعث افزایش غلظت پتاسیم در شاخه ها و جوانه های آن می شود. افزایش مقدار پتاسیم در گیاهان میکوریزی، به‌ویژه در ریشه، نسبت به تیمار بدون قارچ ممکن است به این دلیل باشد که هیف‌های قارچی باعث افزایش سطح مورد نیاز برای جذب شده و مقادیر بیشتری از پتاسیم مورد نیاز گیاه را از منطقه‌ی اطراف ریشه تخلیه می‌کنند (اسچنیپف و همکاران، ۲۰۱۱). بر اساس نظر تی لو و بوم (۲۰۰۱) اسید هیومیک دارای فعالیت شبه هورمونی است و جذب عناصر غذایی همانند فسفر و پتاسیم را نیز در گیاه افزایش می دهد. استفاده از تیمار اسید هیومیک در آزمایشی بر روی دانه های گیاه چای ترش تاثیر معنی داری بر غلظت پتاسیم داشت (حیدری و خلیلی ۱۳۹۲). در بررسی کوپر و همکاران (۱۹۹۸) در مورد تاثیر اسید هیومیک بر گیاه بنت گراس، مشخص شد که اسید هیومیک به طور معنی داری محتوای عناصر غذایی به خصوص فسفر و پتاسیم در بافت های گیاه را افزایش داد این افزایش به ویژه در غلظت ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اسید هیومیک بوده است. طبق آزمایشات ذبیحی و همکاران (۱۳۸۸) با تحقیقی بر روی گندم دریافتند بیشترین جذب پتاسیم از تیمار *سودوموناس پوتیدا* به دست آمد. جذب عناصر غذایی توسط گیاه تابع دو عامل رشد سیستم ریشه و

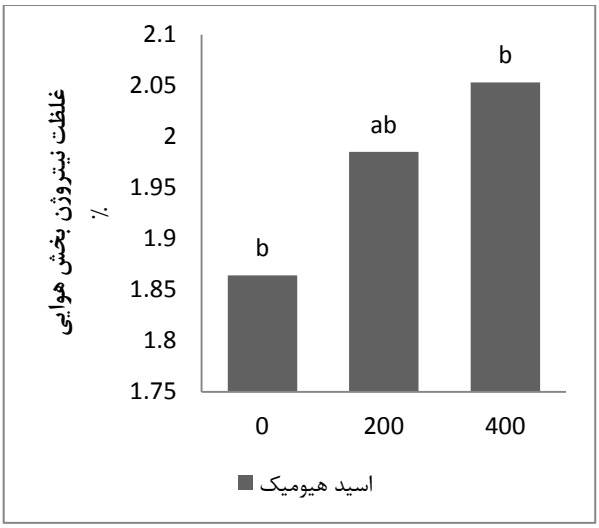
فراهمی عناصر غذایی در خاک می باشد. بیاری و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که سه گونه مختلف باکتری محرک رشد باعث افزایش غلظت پتاسیم در دانه‌ی ذرت تا دو برابر شدند. لین و همکاران (۱۹۸۳) نیز نتیجه مشابهی را در گیاه ذرت مشاهده کردند. حضورکودهای بیولوژیک باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین عناصر میکرو می شود(روستا و همکاران ۱۹۹۹).

## ۴-۲۲-غلظت نیتروژن بخش هوایی

جدول تجزیه واریانس (۴-۱۸) نشان می‌دهد که اثر اصلی اسید هیومیک، قارچ، باکتری و اثر متقابل باکتری و قارچ بر غلظت نیتروژن بخش هوایی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل اسیدهیومیک و قارچ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشد و بقیه موارد معنی‌دار نمی‌باشد با توجه به جدول ۴-۱۹ نیز قارچ و باکتری نیتروژن بخش هوایی را افزایش داده‌اند .همچنین در جدول ۴-۲۰ مقایسه میانگین اثر توام باکتری و قارچ میکوریز نیز اختلاف معنی دار مشاهده شد به طوریکه کمترین میانگین غلظت نیتروژن بخش هوایی(۰/۶۴۷ ٪) مربوط به تیمار M.S. می باشد و بیشترین میانگین غلظت نیتروژن بخش هوایی (۱/۲۳۴ ٪) مربوط به تیمار $M_1S_1$. می باشد. شکل ۴-۴۳ نشان می‌دهد اثر متقابل اسید هیومیک و قارچ از نظر مقایسه میانگین اختلاف معنی‌دار وجود دارد و کمترین میانگین (٪ ۱/۰۷) در تیمار M.H. و بیشترین میانگین (٪ ۲/۴۰۷) در تیمار $M_1H_2$ مشاهده می‌شود. مقایسه میانگین شکل ۴-۴۴ نشان می‌دهد که اسید هیومیک باعث افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی شده است و بیشترین میانگین غلظت نیتروژن بخش هوایی (٪ ۲/۰۵۳) مربوط به سطح $H_2$ و کمترین میانگین (٪ ۱/۸۶۴) مربوط به سطح H. بوده و بین هر سه سطح اسید هیومیک اختلاف معنی‌دار وجود دارد




شکل۴-۴۳ اثر توام قارچ و اسید هیومیک بر نیتروژن بخش هوایی



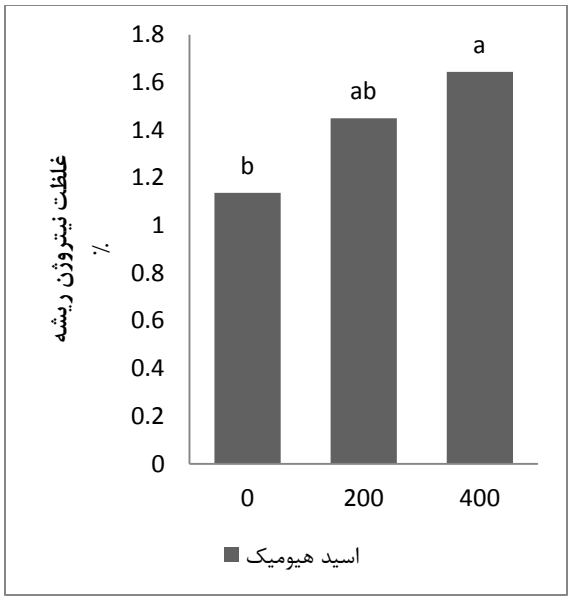

شکل ۴-۴۴ اثر اسید هیومیک بر غلظت نیتروژن بخش هوایی

## ۴-۲۳- غلظت نیتروژن ریشه

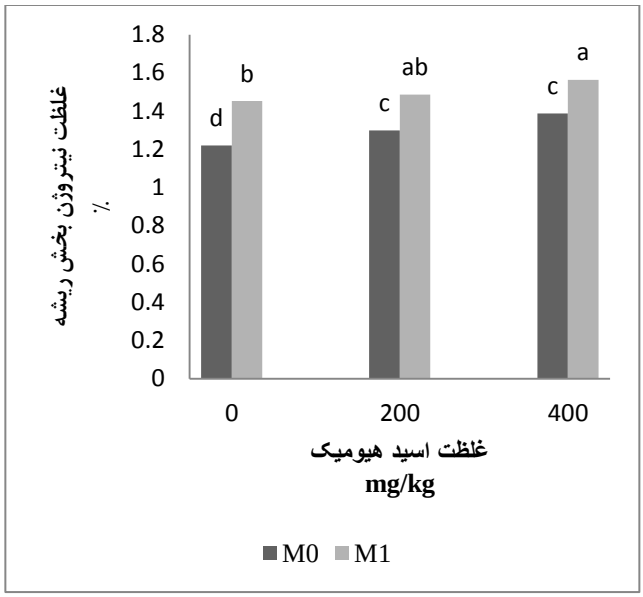
جدول تجزیه واریانس (۴-۱۸) نشان می‌دهد که اثر اصلی اسید هیومیک و قارچ در سطح احتمال ۱ ٪ و اثر توام اسید هیومیک و قارچ و اثر اصلی باکتری در سطح ۵٪ بر غلظت نیتروژن ریشه معنی‌دار می‌باشد و سایر اثرات بر غلظت نیتروژن ریشه معنی‌دار نمی‌باشد. مقایسه میانگین مصرف و عدم مصرف قارچ میکوریز نشان می دهد که مصرف قارچ میکوریز و باکتری *سودوموناس* باعث افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی شده است (جدول ۴-۱۹). شکل ۴-۴۵ مقایسه میانگین مصرف اسید هیومیک را نشان میدهد که کمترین میانگین غلظت نیتروژن بخش ریشه (٪ ۱/۱۳۶) در تیمار .H و بیشترین میانگین غلظت نیتروژن بخش هوایی (۱/۶۴۴ ٪) در تیمار $H_2$مشاهده می‌شود . شکل ۴-۴۶ مقایسه میانگین اسید هیومیک و قارچ میکوریز را نشان میدهد به - طوری که کمترین میانگین غلظت نیتروژن در تیمارهای .M.H (٪ ۱/۲۲۰) و بیشترین میانگین در تیمارهای $M_1H_2$ (٪ ۱/۵۴۶) مشاهده می‌شود.

رابطه همزیستی بین قارچ میکوریز آربسکولار و ریشه های گیاه میزبان به میزان قابل توجهی رشد وجذب عناصر غذایی گیاه را افزایش می دهد (آگه ۲۰۰۱). این واکنش های مثبت ایجاد شده توسط همزیستی مایکوریز آربوسکولار را به افزایش جذب یون های کم تحرک خاک از قبیل فسفر، پتاسیم، گوگرد، آهن، منگنز و مس

توسط قارچ میکوریز و انتقال آنها به گیاه میزبان نسبت می دهند(لیو و همکاران۲۰۰۰). همچنین این همزیستی سبب افزایش جذب و انتقال عناصر متحرک نظیر نیتروژن معدنی نیز دیده می شود (آزکون و همکاران ۱۹۹۶ و لیو همکاران ۲۰۰۷). ویسواناتان و همکاران (۲۰۱۱) مشاهده کردند که تیمار قارچ میکوریز باعث افزایش غلظت نیتروژن بخش هوایی گوجه‌فرنگی می‌شود. کونستانتینو و همکاران (۲۰۰۸) گزارش مشابهی را برای فلفل ارائه کردند. تلقیح بذر با باکتری های محرک رشد اثر معنی داری بر غلظت نیتروژن در آوند چوبی گیاه لوبیا دارد(رودریگز و همکاران ۱۹۹۹). باکتری های حل کننده فسفات علاوه بر افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی خاک با تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم و مهار عوامل بیماری زا، با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می دهد (استورز و کریستی، ۲۰۰۳). کاربرد اسید هیومیک در محلول غذایی موجب افزایش رشد شاخه، ریشه و محتوای نیتروژن در شاخساره گیاه ذرت می شود(تان و نوپامورنبودی ۱۹۷۹). در مطالعه دیگری مصرف اسید هیومیک سبب افزایش عناصر پرمصرف در اندام های گیاه گوجه فرنگی شد (تورکمن و همکاران ۲۰۰۴). آیاس و گالسر (۲۰۰۵) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و ارتفاع می شود. کمبود نیتروژن سبب کاهش رشد رویشی و در نهایت سبب کاهش ارتفاع و طول دوره رویشی گیاه می شود کاهش نیتروژن تقسیم و بزرگ شدن سلول ها را محدود می کند و باعث کندی رشد، تولید گیاهانی کوتاه و ضعیف و زردی عمومی به ویژه قسمت های پیرتر گیاه می شود و این به لحاظ تحرک نیتروژن در گیاه می باشدکه در مواقع کمبود به بافت های جوان انتقال می یابد و در نهایت پایین بودن کمیت و کیفیت محصول را سبب می گردد(سرمدنیا و کوچکی ۱۳۶۹ وخواجه پور ۱۳۷۶).




شکل ۴-۴۴ اثر اسید هیومیک بر غلظت نیتروژن ریشه




شکل۴-۴۵ اثر متقابل اسید هیومیک و قارچ بر غلظت نیتروژن ریشه

# نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل تیمارهای مورد آزمایش در این تحقیق به طور کلی نشان داد که تیمارهای اعمال شده بر اکثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و صفات زراعی لوبیا مثبت است اسید هیومیک می تواند به طور مستقیم اثرات مثبتی بر رشد گیاه بگذارد رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط اسید هیومیک تحریک می شود ولی اثر آن بر روی ریشه برجسته تر است، حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثر بخشی سیستم ریشه می گردد. اسید هیومیک جذب نیتروژن، پتاسیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می دهد.اثر افزایشی مایکوریزا را پژوهشگران مختلف در درجه اول به افزایش سطح و گسترش ریشه های گیاه بواسطه تولید ریسه های قارچی و افزایش جذب نیتروژن، فسفر ، پتاسیم، آب و سایر عناصر غذایی و در ادامه بهبود فتوسنتز و رشد و نمو و توسعه اندام های هوایی و در نهایت افزایش وزن خشک گیاه نسبت می دهند. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، می توان اظهار کرد که تلقیح باکتریایی گیاهان با باکتری سودوموناس پوتیدا سبب بهبود رشد و جذب عنصر پرمصرف و ضروری فسفر گردید. این موضوع در کاهش هزینه ها، حفظ سلامتی خاک و تولیدات کشاورزی تأثیر بسزایی می تواند داشته باشد

پیشنهادها

باتوجه به اینکه این تحقیق در بازه زمانی خاص ، در یک منطقه مشخص و روی یک رقم لوبیا و با کودهای زیستی و آلی خاصی انجام گرفته، برای حصول نتایج تکمیلی، موارد زیر پیشنهاد میگردد:

- از آنجایی که در این تحقیق سه سطح اسید هیومیک مورد مطالعه قرار گرفت، پیشنهاد می‌شود که غلظت های بیشتر از ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم مورد مطالعه قرار گیرد.

- تکرار این تحقیق در شرایط مزرعه و با شرایط مختلف آب و هوایی با زمانهای کاشت متفاوت

- بررسی عکس العمل ارقام بیشتری از لوبیا نسبت به این فاکتورها

- تکرار آزمایش با اختلاط انواع دیگری از کود های زیستی، آلی و دامی

- بررسی غلظت عناصر مختلف در گیاه و خاک پس از تکمیل دوره رشد

# پیوست

**جدول ۴-۱ تجزیه واریانس اثراسیدهومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع گیاه | وزن تر هوایی | وزن خشک هوایی | وزن تر ریشه | وزن خشک ریشه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| اسید هیومیک | ۲ | ۰/۳۰۸$^{ns}$ | ۱/۴۶۳$^{ns}$ | ۲۴/۰۷۱$^{**}$ | ۰/۳۱۷$^{ns}$ | ۱/۴۲۸$^{**}$ |
| باکتری | ۱ | ۰/۳۱۰$^{ns}$ | ۰/۴۵۱$^{ns}$ | ۵/۰۳۳$^{*}$ | ۴۰/۸۱۷$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ |
| قارچ | ۱ | ۳/۸۹۴$^{*}$ | ۶/۲۷۶$^{**}$ | ۱۴/۲۶۱$^{**}$ | ۱۴۱/۳۸۵$^{**}$ | ۰/۱۲۳$^{**}$ |
| اسید هیومیک*باکتری | ۲ | ۵/۲۲۱$^{**}$ | ۴/۲۵۷$^{*}$ | ۱/۶۰۷$^{ns}$ | ۰/۲۱۸$^{ns}$ | ۰/۰۰۷$^{ns}$ |
| اسید هیومیک *قارچ | ۲ | ۰/۶۷۹$^{ns}$ | ۴/۲۸۹$^{*}$ | ۰/۴۳۴$^{ns}$ | ۱۷/۱۷۲$^{*}$ | ۰/۰۲۴$^{*}$ |
| باکتری*قارچ | ۱ | ۰/۶۳۵$^{ns}$ | ۰/۰۳۶۱$^{ns}$ | ۴/۹۶۴$^{*}$ | ۳۴/۲۳۲$^{**}$ | ۰/۰۰۴$^{ns}$ |
| اسید هیومیک *باکتری*قارچ | ۲ | ۱/۰۳۵$^{ns}$ | ۰/۷۳۶$^{ns}$ | ۱/۳۵۹$^{ns}$ | ۹/۶۰۹$^{ns}$ | ۰/۰۰۲$^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۲۴ | ۱/۱۷۲ | ۴/۱۰۳ | ۰/۰۴۴ | ۱/۰۱۸ | ۰/۰۰۵ |
| ضریب تغییرات ٪(CV) | | ۳/۶۶ | ۱۷/۹۶ | ۵/۸۸ | ۷/۹۰ | ۱۲/۶۷ |

** معنی دار در سطح احتمال ٪۱، * معنی دار در سطح احتمال ٪۵، ns غیر معنی دار

**جدول ۴-۲ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه**

| تیمار | ارتفاع گیاه (cm) | وزن تر هوایی (g/pot) | وزن خشک هوایی (g/pot) | وزن تر ریشه (g/pot) | وزن خشک ریشه (g/pot) |
|---|---|---|---|---|---|
| **M.** | ۲۹/۲۱۲$^{b}$ | ۱۰/۴۳۵$^{b}$ | ۳/۴۲۱$^{b}$ | ۱۰/۷۷۱$^{b}$ | ۸/۶۵$^{b}$ |
| **$M_1$** | ۳۱/۹۲۳$^{a}$ | ۱۲/۱۲۷$^{a}$ | ۳/۶۸۰$^{a}$ | ۱۴/۷۷۴$^{a}$ | ۸/۹۷$^{a}$ |
| **S.** | ۲۹/۴۶۷ | ۱۱/۰۵۳ | ۳/۴۷۵$^{b}$ | ۱۱/۷۱۸$^{b}$ | ۸/۸۷ |
| **$S_1$** | ۲۹/۶۶۸ | ۱۱/۵۰۸ | ۳/۶۳۱$^{a}$ | ۱۳/۸۴۵$^{a}$ | ۱۰/۵۱ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

**جدول۴-۳ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه**

| تیمار | | ارتفاع گیاه (cm) | وزن تر هوایی (g/pot) | وزن خشک هوایی (g/pot) | وزن تر ریشه (g/pot) | وزن خشک ریشه (g/pot) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| S. | | ۲۸/۹۶۷ | ۱۱/۴۳ | ۲/٦۰۸$^{d}$ | ۱۱/۰۸$^{cb}$ | ۸/۹۴۷ |
| M. | $S_1$ | ۲۹/۹۸۷ | ۱۰/۷۲۷ | ۳/۰۲٦$^{a}$ | ۱۰/۴۸$^{c}$ | ۸/۳۶ |
| S. | | ۲۹/۴۵۶ | ۱۱/۹۶۳ | ۲/۸۲٤$^{c}$ | ۱۶/۶۲$^{a}$ | ۸/۸۰ |
| $M_1$ | $S_1$ | ۲۹/۸۸۰ | ۱۱/۲۹ | ۲/۹۲۷$^{b}$ | ۱۲/۹۳$^{b}$ | ۹/۳۴ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول ۴-۴ تجزیه واریانس اثرباکتری، قارچ و اسید هیومیک بر برخی صفات گیاه لوبیا**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی | تعداد دانه | قطر ساقه | وزن دانه |
|---|---|---|---|---|---|
| اسید هیومیک | ۲ | ۷/۴۴۳ * | ۲۴/۰۷۱** | ۵۱/۳۶۸** | ۷/۴۳۱* |
| باکتری | ۱ | ۷/۰۵۴۹** | ۵/۰۳۳ * | ۱۰/۳۱۵* | ۳/۹۴۱ns |
| قارچ | ۱ | ۷۱/۰۰۹** | ۱۴/۲۶۱** | ۷۶/۰۰۱** | ۲۶/۱۶** |
| اسید هیومیک*باکتری | ۲ | ۰/۷۸۶ ns | ۱/۶۰۷ ns | ۶/۵۲۶* | ۶/۲۲۱* |
| اسید هیومیک*قارچ | ۲ | ۳/۷۷۵* | ۰/۴۳۴ ns | ۰/۲۱۵ns | ۳/۶۵۹ns |
| باکتری*قارچ | ۱ | ۱/۶۴۰ ns | ۴/۹۶۴ * | ۴/۲۶۳ns | ۶/۹۴۶* |
| اسید هیومیک *باکتری*قارچ | ۲ | ۱/۵۶۱ns | ۱/۳۵۹ ns | ۰/۲۶۳ns | ۱/۰۳۵ns |
| اشتباه آزمایشی | ۲۴ | ۰/۰۱۵ | ۰/۰۴۴ | ۰/۵۲۸ | ۱/۰۰۲ |
| ضریب تغییرات٪ | | ۷/۰۶ | ۱۰/۴۳ | ۱/۹۷ | ۱۰/۴۳ |

**** معنی دار در سطح احتمال ٪۱، * معنی دار در سطح احتمال ٪۵، ns غیر معنی دار**

**جدول ۴-۵ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر برخی صفات گیاه لوبیا**

| تیمار | نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی | تعداد دانه در گلدان | قطر ساقه (cm) | وزن دانه g/pot |
|---|---|---|---|---|
| M. | ۱/۵۷۵$^{b}$ | ۳/۴۲۱$^{b}$ | ۳/۵۸۸$^{b}$ | ۰/۷۴۰$^{b}$ |
| $M_1$ | ۱/۹۲۴$^{a}$ | ۳/۶۸۰$^{a}$ | ۳/۸۰۰$^{a}$ | ۰/۸۵۴$^{a}$ |
| S. | ۱/۶۹۶$^{b}$ | ۳/۴۳۱$^{b}$ | ۳/۶۵۵$^{b}$ | ۰/۷۹۰ |
| $S_1$ | ۱/۸۰۵$^{a}$ | ۳/۶۷۵$^{a}$ | ۳/۹۳۲$^{a}$ | ۰/۸۳۴ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول ۴-۶ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر برخی صفات گیاه لوبیا**

| تیمار | | نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی | تعداد دانه در گلدان | قطر ساقه (cm) | وزن دانه g/pot |
|---|---|---|---|---|---|
| S. | | ۱/۴۹۶$^{c}$ | ۲/۳۰۸$^{d}$ | ۳/۵۲۲$^{c}$ | ۰/۶۳۱$^{c}$ |
| $S_1$ | M. | ۱/۸۹۶$^{a}$ | ۲/۹۳۷$^{b}$ | ۳/۷۸۹$^{a}$ | ۰/۸۶۰$^{ab}$ |
| S. | | ۱/۶۵۸$^{b}$ | ۲/۶۲٤$^{c}$ | ۳/۶۵۶$^{b}$ | ۰/۸۴۹$^{b}$ |
| $S_1$ | $M_1$ | ۱/۹۵۲$^{a}$ | ۳/۰۱٦$^{a}$ | ۳/۸۱۱$^{a}$ | ۰/۹۰۹$^{a}$ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول ۴-۷ تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر کلروفیل a، b و کل**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | کلروفیل a | کلروفیلb | کلروفیل کل |
|---|---|---|---|---|
| اسید هیومیک | ۲ | ۴۹/۸۲۳$^{**}$ | ۳۳/۷۳$^{**}$ | ۲۶/۶۳۷$^{**}$ |
| باکتری | ۱ | ۳/۲۵۰$^{ns}$ | ۱/۵۶۳$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۹$^{ns}$ |
| قارچ | ۱ | ۵/۳۰۸$^{**}$ | ۲/۹۴۵$^{ns}$ | ۳/۵۷۴$^{ns}$ |
| اسید هیومیک*باکتری | ۲ | ۷/۸۲۳$^{*}$ | ۶/۵۲۸$^{**}$ | ۶/۴۹۲$^{*}$ |
| اسید هیومیک*قارچ | ۲ | ۱۱/۸۳۱$^{**}$ | ۴/۷۸۳$^{*}$ | ۲/۷۶۲$^{ns}$ |
| باکتری*قارچ | ۱ | ۱/۱۹۱$^{ns}$ | ۱/۶۸۴$^{ns}$ | ۰/۴۵۸$^{ns}$ |
| اسید هیومیک *باکتری*قارچ | ۲ | ۲/۵۶۹$^{ns}$ | ۲/۴۵۹$^{ns}$ | ۳/۶۰۲$^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۲۴ | ۲/۰۸۷ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۰۲ |
| ضریب تغییرات٪ | | ۱۰/۸۳ | ۱۲/۴۳ | ۱۳/۰۲ |

** معنی دار در سطح احتمال ۱٪، * معنی دار در سطح احتمال ۵٪، ns غیر معنی دار

**جدول ۴-۸ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر کلروفیل a، b و کل**

| تیمار | کلروفیل a mg/gFW | کلروفیلb mg/gFW | کلروفیل کل mg/gFW |
|---|---|---|---|
| **M.** | ۰/۰۱۴$^{b}$ | ۰/۲۷۲ $^{a}$ | ۰/۰۳۵$^{a}$ |
| **M۱** | ۰/۰۱۶$^{a}$ | ۰/۲۹۳ $^{a}$ | ۰/۰۳۷$^{a}$ |
| **S.** | ۰/۰۱۲$^{a}$ | ۰/۲۷۵$^{a}$ | ۰/۰۳۶$^{a}$ |
| **S۱** | ۰/۰۱۳$^{a}$ | ۰/۲۴۸$^{a}$ | ۰/۰۳۷$^{a}$ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول ۴-۹ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر کلروفیل a، b و کل**

| تیمار | | کلروفیل a mg/gFW | کلروفیلb mg/gFW | کلروفیل کل mg/gFW |
|---|---|---|---|---|
| | S. | ۰/۰۱۳[a] | ۰/۲۹۲[a] | ۰/۰۳۸[a] |
| M. | $S_1$ | ۰/۰۱۲[a] | ۰/۲۹۱[a] | ۰/۰۳۴[a] |
| | S. | ۰/۰۱۳[a] | ۰/۲۸۹[a] | ۰/۰۳۷[a] |
| $M_1$ | $S_1$ | ۰/۰۱۳[a] | ۰/۲۵۷[a] | ۰/۰۳۶[a] |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول ۴-۱۰ تجزیه واریانس تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بردرصد کلنیزاسیون ریشه**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | کلنیزاسیون |
|---|---|---|
| اسید هیومیک | ۲ | ۹/۰۵۶۹* |
| باکتری | ۱ | ۶/۴۸۶* |
| قارچ | ۱ | ۸۷/۹۸** |
| اسید هیومیک*باکتری | ۲ | ۴۴/۹۳۴* |
| اسید هیومیک*قارچ | ۲ | ۱۳۱/۸۳۱** |
| باکتری*قارچ | ۱ | ۳۸/۰۲۸* |
| اسید هیومیک *باکتری*قارچ | ۲ | ۲/۵۶۹ns |
| اشتباه آزمایشی | ۲۴ | ۵/۶۸۱ |
| ضریب تغییرات٪ | | ۱۰/۸۳ |

**** معنی دار در سطح احتمال ٪۱، * معنی دار در سطح احتمال ٪۵، ns غیر معنی دار**

**جدول ۴-۱۱ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر درصد کلنیزاسیون ریشه**

| تیمار | کلنیزاسیون ریشه ٪ |
|---|---|
| M. | ۱۲/۰۹ b |
| $M_1$ | ۵۶/۸۳ a |
| S. | ۴۱ a |
| $S_1$ | ۲۹ b |

**جدول ۴-۱۲ تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر برخی خصوصیات گیاه**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | تعداد غلاف | طول بلندترین غلاف | وزن خشک غلاف |
|---|---|---|---|---|
| اسید هیومیک | ۲ | ۰/۸۱۲ ns | ۹/۹۱۴ ** | ۰/ ۴۶۳ ns |
| باکتری | ۱ | ۰/۰۰۱ ns | ۷/۱۱۷ * | ۱/۵۴۳ ns |
| قارچ | ۱ | ۵/۲۵۰ ** | ۷/۲۱۸ * | ۴/۰۲۹ * |
| اسید هیومیک*باکتری | ۲ | ۱/ ۸۷۶ ns | ۲/۸۸۲ ns | ۲/۴۳۸ ns |
| اسید هیومیک*قارچ | ۲ | ۳/۹۷۳ * | ۲/۵۲۹ ns | ۳/۶۲۲ * |
| باکتری*قارچ | | ۲/۲۴۹ ns | ۲/۸۸۲ ns | ۵/۴۵۲ ** |
| اسید هیومیک *باکتری*قارچ | ۲ | ۱/ ۳۱۲ ns | ۲/۳۲۱ ns | ۱/۳۶۵ ns |
| اشتباه آزمایشی | ۲۴ | ۰/۴۴۱ | ۰/۴۷۲ | ۰/۰۳۸ |
| ضریب تغییرات٪ | | ۱۳/۴۴ | ۸/۵۶ | ۱۲/۳۲ |

** معنی دار در سطح احتمال ٪۱، * معنی دار در سطح احتمال ٪۵، ns غیر معنی دار

**جدول۴-۱۳ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر تعداد غلاف ، طول بلندترین غلاف و وزن غلاف**

| تیمار | تعداد غلاف | طول بلندترین غلاف (cm) | وزن خشک غلاف (gr/pot) |
|---|---|---|---|
| M. | ۳/۸۹[b] | ۷/۷۲۱[b] | ۰/۷۴۹[b] |
| $M_1$ | ۴/۰۵[a] | ۸/۳۳۴[a] | ۰/۸۰۱ [a] |
| S. | ۳/۷۲[a] | ۷/۶۵۹[b] | ۰/۷۳۴[a] |
| $S_1$ | ۳/۸۹[a] | ۸/۵۹۱[a] | ۰/۷۷۵[a] |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول ۴-۱۴ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر تعداد غلاف ، طول بلندترین غلاف و وزن غلاف**

| | تیمار | تعداد غلاف در بوته | طول بلندترین غلاف (cm) | وزن خشک غلاف (gr/pot) |
|---|---|---|---|---|
| | S. | ۳/۸۹ | ۷/۲۲۵ | ۰/۶۹۸[b] |
| M. | $S_1$ | ۳/۸۷ | ۸/۲۳۱ | ۰/۷۶۸[ab] |
| | S. | ۳/۶۶ | ۸/۲۴۷ | ۰/۸۲۱[a] |
| $M_1$ | $S_1$ | ۳/۸۳ | ۸/۵۴۳ | ۰/۷۲۸[ab] |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول ۴-۱۵ تجزیه واریانس اثر اسید هیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر طول میانگره، تعدادگره در شاخه اصلی و تعدادشاخه فرعی**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | طول میانگره | تعدادگره در شاخه اصلی | تعداد شاخه فرعی |
|---|---|---|---|---|
| اسید هیومیک | ۲ | ۳/۶۵۹$^{**}$ | ۲/۳۸۷$^{**}$ | ۱/۵۴۳$^{*}$ |
| باکتری | ۱ | ۰/۲۰۹$^{ns}$ | ۰/۵۷۱$^{ns}$ | ۱/۵۸۷$^{*}$ |
| قارچ | ۱ | ۱/۶۷۸$^{*}$ | ۱/۵۰۹$^{*}$ | ۳/۲۸۵$^{**}$ |
| اسید هیومیک*باکتری | ۲ | ۱/۱۱۶$^{ns}$ | ۰/۶۶۴$^{ns}$ | ۱/۴۵۹$^{*}$ |
| اسید هیومیک*قارچ | ۲ | ۲/۴۲۲$^{*}$ | ۱/۱۷۹۲$^{*}$ | ۰/۴۴۴$^{ns}$ |
| باکتری*قارچ | ۱ | ۳/۴۷۸$^{**}$ | ۱/۶۸۴$^{ns}$ | ۰/۷۷۹$^{ns}$ |
| اسید هیومیک *باکتری*قارچ | ۲ | ۱/۱۰۹ $^{ns}$ | ۰/۰۹۴$^{ns}$ | ۰/۷۶۱ $^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۲۴ | ۰/۲۹۹ | ۰/۲۹۴ | ۱/۷۵۰ |
| ضریب تغییرات٪ | | ۱۵/۹۱ | ۱۴/۳۶ | ۱۳/۸۴ |

** معنی دار در سطح احتمال ٪۱، * معنی دار در سطح احتمال ٪۵، ns غیر معنی دار

**جدول ۴-۱۶ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری بر طول میانگره، تعدادگره در شاخه اصلی و تعدادشاخه فرعی**

| تیمار | طول میانگره (Cm) | تعدادگره در شاخه اصلی در گلدان | تعداد شاخه فرعی درگلدان |
|---|---|---|---|
| **M.** | ۳/۴۸$^{b}$ | ۳/۳۲$^{b}$ | ۹/۲۷$^{b}$ |
| **M$_1$** | ۳/۷۹$^{a}$ | ۳/۸۳$^{a}$ | ۹/۸۳$^{a}$ |
| **S.** | ۳/۵۵ | ۳/۶۹ | ۹/۳۸$^{b}$ |
| **S$_1$** | ۳/۶۶ | ۳/۴۵ | ۹/۷۲$^{a}$ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول ۴-۱۷ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر طول میانگره، تعدادگره در شاخه اصلی و تعدادشاخه فرعی**

| تیمار | | طول میانگره (Cm) | تعدادگره در شاخه اصلی در گلدان | تعداد شاخه فرعی در گلدان |
|---|---|---|---|---|
| S. | | ۳/۴۱$^{b}$ | ۳/۶۶$^{b}$ | ۸/۷۷ |
| M. | $S_1$ | ۳/۵۵$^{ab}$ | ۳/۷۷$^{ab}$ | ۱۰ |
| S. | | ۳/۴۴$^{ab}$ | ۴/۰۰$^{a}$ | ۹/۷۷ |
| $M_1$ | $S_1$ | ۳/۸۹$^{a}$ | ۳/۶۹$^{ab}$ | ۹/۶۶ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول۴-۱۸ تجزیه واریانس اثراسیدهیومیک، باکتری، قارچ و اثرات متقابل آنها بر غلظت عناصر بخش هوایی و ریشه**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | بخش هوایی | | | ریشه | | |
| | | فسفر | پتاسیم | نیتروژن | فسفر | پتاسیم | نیتروژن |
| اسید هیومیک | ۲ | ۴/۱۹۹$^{*}$ | ۱۶۲۰/۷۶۴$^{**}$ | ۰/۰۴۵$^{**}$ | ۰/۰۰۴$^{**}$ | ۳۱/۳۲۰$^{**}$ | ۰/۰۴۵$^{**}$ |
| باکتری | ۱ | ۱۰/۱۲۳$^{**}$ | ۱۰۰/۲۸۹$^{*}$ | ۰/۰۵۶$^{**}$ | ۰/۰۰۰$^{*}$ | ۲/۶۴۱$^{**}$ | ۰/۰۰۵$^{*}$ |
| قارچ | ۱ | ۱۳۹/۰۳$^{**}$ | ۲۵۱/۸۹$^{**}$ | ۰/۵۲۹$^{**}$ | ۰/۰۰۷$^{**}$ | ۲/۰۱۸$^{**}$ | ۰/۰۰۹$^{**}$ |
| اسید هیومیک*باکتری | ۲ | ۴/۸۹۴$^{*}$ | ۸۴/۹۶۹$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{*}$ | ۰/۰۳۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ |
| اسید هیومیک*قارچ | ۲ | ۴/۵۵۷$^{*}$ | ۱۹/۰۷۶$^{ns}$ | ۰/۰۲۰$^{*}$ | ۰/۰۰۰$^{ns}$ | ۰/۱۲۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۵$^{*}$ |
| باکتری*قارچ | ۱ | ۲/۳۶۰$^{ns}$ | ۱۶۹/۶۶۷$^{ns}$ | ۰/۱۲۴$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{*}$ | ۱/۳۹۹$^{*}$ | ۰/۰۰۰$^{ns}$ |
| اسید هیومیک*باکتری*قارچ | ۲ | ۲/۳۲۷$^{ns}$ | ۲۵/۷۴۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۰$^{ns}$ | ۰/۲۰۷$^{ns}$ | ۰/۰۰۰$^{ns}$ |
| اشتباه آزمایشی | ۳۶ | ۰/۰۱۱ | ۶۵/۶۹۴ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۰۱ |
| ضریب تغییرات٪ | | ۱۱/۱۴ | ۱۳/۵۴ | ۱۰/۸۰ | ۸/۱۷ | ۱۲/۱۵ | ۷/۵۹ |

**** معنی دار در سطح احتمال ٪۱، * معنی دار در سطح احتمال ٪۵، ns غیر معنی دار**

**جدول ۴-۱۹ مقایسه میانگین اثرقارچ و باکتری برغلظت عناصر بخش هوایی و ریشه**

| تیمار | بخش هوایی | | | ریشه | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | فسفر | پتاسیم | نیتروژن | فسفر | پتاسیم | نیتروژن |
| | ( ٪) | | | | | |
| M. | ۰/۱۷۹$^{b}$ | ۲/۱۲۶$^{b}$ | ۰/۹۰۳$^{b}$ | ۰/۰۹۴$^{b}$ | ۱/۲۷۳$^{b}$ | ۱/۹۴۴$^{b}$ |
| M۱ | ۰/۲۵۹ $^{a}$ | ۲/۳۴۶$^{a}$ | ۰/۹۸۸$^{a}$ | ۰/۱۱۹$^{a}$ | ۱/۳۳۳$^{a}$ | ۲/۷۵۸$^{a}$ |
| S. | ۰/۲۱۱$^{b}$ | ۲/۱۱۷$^{b}$ | ۰/۶۹۵$^{b}$ | ۰/۱۰۹$^{b}$ | ۱/۲۶۳$^{b}$ | ۲/۱۶۸$^{b}$ |
| S۱ | /۲۳۷$^{a}$ | ۲/۲۵۵$^{a}$ | ۱/۱۹۶$^{a}$ | ۰/۱۲۱$^{a}$ | ۱/۳۴۳$^{a}$ | ۲/۳۷۲$^{a}$ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

**جدول۴-۲۰ مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ و باکتری بر غلظت عناصر بخش هوایی و ریشه**

| تیمار | | بخش هوایی | | | ریشه | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | فسفر | پتاسیم | نیتروژن | فسفر | پتاسیم | نیتروژن |
| | | (%) | | | | | |
| M. | S. | ۰/۲۲۳ | ۲/۰۴۸ | ۰/۶۴۷۵$^{d}$ | ۰/۰۹۵۲$^{c}$ | ۱/۴۶۴$^{c}$ | ۱/۹۴۶ |
| | S۱ | ۰/۲۴۹ | ۲/۲۰۴ | ۱/۱۵۸$^{b}$ | ۰/۰۹۲۱$^{d}$ | ۱/۸۹۴$^{ab}$ | ۲/۱۴۲ |
| M۱ | S. | ۰/۲۵۷ | ۲/۱۸۶ | ۰/۷۴۱۷$^{c}$ | ۰/۱۲۳۱$^{a}$ | ۱/۸۷۲$^{b}$ | ۲/۱۰۱ |
| | S۱ | ۰/۲۶۰ | ۲/۳۰۶ | ۱/۲۳۴$^{a}$ | ۰/۱۱۵۳$^{b}$ | ۲/۳۸۰$^{a}$ | ۲/۱۲۴ |

**حروف غیر مشابه در هر ستون، نشانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD است.**

S: *psodomunas* M: Mycorrhiza

# منابع

اسدی رحمانی ه. و فلاح ع، (۱۳۷۹) " **تولید و ترویج کود های بیولوژیک محرک رشد گیاه (PGPR)** " مجله علوم خاک و آب ، جلد ۱۲، شماره ۷ ، ص ۱۰۵-۹۷

امینی ف، سعیدی ق و ارزانی ا ، (۱۳۸۱)" **روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ گیاه گلرنگ**" مجله علـوم و فنـون کشاورزی و منابع طبیعی ، جلد ۱۲،شماره ۷،پاییز ۸۱.

آقابابائی ف. و رئیسـی ف، (۱۳۹۰) **" اثر همزیستی میکوریزایی بر کلروفیل، فتوسنتز و میـزان رانـدومان مصـرف آب در چهار ژنوتیپ بادام در استان چهارمحال و بختیاری**".مجلـه علـوم و فنـون کشـاورزی منـالع طبیعـی ،علـوم آب و خاک،سـال ۱۵،شماره ۵۶،صفحه ۹۱ تا ۱۰۱.

باقری ع.، محمودی ع.ا. و قزلی، ف، (۱۳۸۰) **"زراعت و اصلاح لوبیا"** (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۵۶ ص.

بقایی ن . (۱۳۷۷) " **بررسی اثرات تنش کمبود آب در مراحل مختلف نمو بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم لوبیا چیتی**" .پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

بهزاد ا، (۱۳۸۷). پایان نامه کارشناسی ارشد ،"**بررسی تاثیر کاربرد باکتری‌هـای محـرک رشـد گیـاه (PGPR) و کـود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید دبل کراس.(DC ۳۷۰) "**. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشـگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

پارسا م. و باقری ع.ر. (۱۳۸۷) **"حبوبات"** چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۴ ص.

پارسا مطلق ب، محمودی س، سیاری زهان م.ح و نقی زاده م، (۱۳۸۹) " **تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگیزه های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا (Phaseolus vulgaris L.) در شرایط تنش شوری**".نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد ۳،شماره ۲،صفحه ۲۲۳تا ۲۴۴

پیر انوشه ه.، ی. امام. و ر. جمـالی، (۱۳۸۹) **"مقایسه اثر کودهای زیستی با کودهای شیمیایی بر رشد، عملکـرد و درصـد روغن آفتابگردان (*Helianthus annuss* L.) در سطوح مختلف تنش خشکی**" نشریه بوم شناسی کشاورزی، ، جلد ۲، شماره ۳، ص ۵۰۱-۴۹۲.

توسلی و علی‌اصغرزاد ن، (۱۳۸۸) **"اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر جذب عناصر غذایی و عملکرد پیاز در یک خاک شور در شرایط مزرعه‌ای**". مجله دانش آب و خاک. شماره ۱، صفحه ۱۵۸-۱۴۵.

حاجی هاشمی ف، (۱۳۸۶)، پایان نامه کارشناسی ارشد"**رابطه میکوریزا وزیکوالر آربوسکوالر با رشد، تغذیه و گرهزایی دو رقم لوبیا چیتی در خاک استان اصفهان و کرمان**" دانشگاه شهید باهنر کرمان، ص ۱.

**حیدری م، خلیلی س،(۱۳۹۲)." تأثیر اسید هیومیک و کود فسفر بر عملکرد دانه و گل، رنگدانه‌های فتوسنتزی و مقادیر عناصر معدنی در گیاه چای ترش(Hisbiscus sabdariffa L.) ".مجله علوم گیاهان زراعی، دوره ۴۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، صفحه ۱۹۱-۱۹۹.**

خرم دل س، کوچکی ع، نصیری م و قربانی ر،(۱۳۸۷)." **اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص های رشدی سیاهدانه**". مجله پژوهش های زراعی ایران، جلد ۶، شماره ۲.

خواجه پور، م ،(۱۳۷۶)."**اصول و مبانی زراعت**" جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان .

خوش گفتار منش ا. میرزا پور ه، (۱۳۸۶) "**تاثیر کود دهی آهن بر رشد ، عملکرد دانه آفتابگردان در خاک آهکی**" . مجله پژوهش کشاورزی آب و خاک و گیاه، جلد ۸، شماره ۴ ، ص ۵۴-۳۴

داوودی فر م،حبیبی د و داوودی فر ف، (۱۳۹۱) " **بررسی اثر تنش شوری بر پایداری غشا سیتوپلاسمی، میزان کلروفیل و اجزای عملکرد در گندم تلقیح شده با باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک**".مجله زراعت و اصلاح نباتات،جلد۸،شماره ۲، صفحه ۷۱-۸۶.

درزی م. ت.، قلاوند ا. و رجالی، ف (۱۳۸۷)"**بررسی اثر کاربرد مایکورایزا، ورمی کمپوست و کود فسفات زیستی بر گلدهی، عملکرد بیولوژیک و همزیستی ریشه در گیاه دارویی رازیانه**"مجله علوم زراعی ایران ، جلد ۱۰ شماره ۱. ص ۸۸ تا ۱۰۹.

رحیمی ع، جامی الاحمدی م، خاوازی ک، سیاری م.ح و یزدانی ر، (۱۳۹۲) "**اثر سویه های متفاوت باکتری سودوموناس فلورسنت بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه گلرنگ**".مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، سال ۵،شماره ۱۴،صفحه ۱تا ۱۶.

رمضانیان ع ، ( ۱۳۸۴) "**معرفی باکتریهای ریزوبیومی به عنوان عوامل محرک رشد گیاه (PGPR)** ". مقالات اولین همایش ملّی حبوبات ، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

سادات ع ، ثواقبی غ ،رجالی ف ، فرحبخش م ، خاوازی ک. و شیرمردی م، ( ۱۳۸۹) "**تأثیر چند نوع قارچ میکوریزا آربسکولار و باکتری محرک رشد گیاه بر شاخصهای رشد و عملکرد دو رقم گندم در یک خاک شور**" .نشریه خاک و آب ،شماره۲۴،جلد۱،صفحه ۶۲ -۵۳ .

سالنامه آماری سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (۱۹۹۹ ) .(FAO).

سبزواری س و خزاعی ح. ر، (۱۳۸۸) " **اثر محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات رشـدی، عملکـرد و اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum. L.*). رقم پیشتاز**". نشریه بوم شناسی کشاورزی ، جلد ۱، شماره ۲، صفحه ۵۳ تا ۶۳.

شاه حسینی ز، غلامی ا. و اصغری ح.ر، (۱۳۹۱) **"تاثیر هم زیستی میکوریزایی و اسید هیومیک بـر کـارایی مصـرف آب و شاخص های فیزیولوژیکی گیاه ذرت در شرایط کم آبی"** .دوفصلنامه علمی-پژوهشی خشک بوم،جلد ۲،شـماره ۱،صـفحه ۴۰-۵۷

شیرانی راد ا ح، هاشمی دزفولی ا، علیزاده ع. (۱۳۷۹) . **"بررسی اثر قارچ‌های میکوریز وزیکولار آربوسکولار، فسفر و تنش خشکی بر کارایی جذب عناصر غذایی در گیاه گندم"**.نشریه نهال و بذرکرج، نشریه فنی شماره ۱۶.

صالح‌راستین ن. (۱۳۸۰) **"کودهای بیولوژیک و نقش آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار"** مجموعه مقالات ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور. صفحات ۱ تا ۵۴.

صفارپور م، (۱۳۸۹) " **تاثیر تلقیح دوگانه مایکوریزا و ریزوبیوم بر عملکرد سه رقم لوبیا قرمز"**، مجله یافته های نوین کشاورزی، سال ۵، شماره ۱،صفحه ۲۰ تا۳۵.

عسگری م، حبیبی د و نادری بروجردی غ ، (۱۳۹۰) **"بررسی کاربرد ورمی کمپوست، باکتری محـرک رشـد گیـاه و اسـید هیومیک برشاخص های رشد گیاه نعناع فلفلی در استان مرکزی"**.مجله زراعت و اصلاح نباتات،جلد۷، شماره۴،صـفحه ۴۱تـا ۵۴.

عظیمی ر،جنگجو م و اصغری ح.ر،(۱۳۹۲) **" تاثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر استقرار اولیه و خصوصیات مورفولوژیکی گیـاه دارویی آویشن باغی در شرایط عرصه طبیعی"**.نشریه پژوهش های زراعی ایران،جلد ۱۱،شماره ۴،صفحه ۶۶۶تا ۶۷۶

علی‌اصغرزاد ن. (۱۳۷۶)، میکروبیولوژی و بیوشیمی خاک (ترجمه). انتشارات دانشگاه تبریز.

علی‌اصغرزاد ن. (۱۳۷۹) **" بررسی پراکنش و تراکم جمعیت قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در خاک‌های شور دشت تبریز و تعیین اثرات تلقیح آنها در بهبود تحمل پیاز و جو به تنش شوری"**. پایان‌نامه دکترا (Ph.D)، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

علی‌اصغرزاد ن، (۱۳۷۲) **"بررسی اثرات تلقیح سویا با قارچ‌های میکوریز VA و باکتری ریزوبیوم بر روی رشد و جذب عناصر غذایی در چند خاک اطراف کرج"**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

غلامی ا . کوچکی ع، (۱۳۸۰) . میکوریزا در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات دانشگاه شاهرود.

فاطمی ح، عامری ع، امینی فرد م.ح و آرویی ح. (۱۳۹۰) **"تاثیر اسید هیومیک بر اسانس و خصوصیات رویشی ریحان"**. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مباحث نوین کشاورزی.

فرقانی، ا و جوانمرد ا. (۱۳۸۴) **"اثر مواد افزودنی مختلف بر مقدار اسیدهومیک و فولویک در خاکهای مختلف"**. نهمین کنگره علوم خاک ایران.

قاسمی‌پیربلوطی، ع. و گل‌پرور، ا.ر. (۱۳۸۴) "بررسی برخی صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی ارقام لوبیا معمولی در منطقه شهرکرد" **اولین همایش ملی حبوبات ایران**. مشهد. ۲۹ تا ۳۰ آبان.

قربانی ط.، گالشی س.، سلطانی، ا. و زینلی ا. ۱۳۹۰. **"تأثیر تنش خشکی بر پارامترهای رشد ، محتوی کلروفیل و کارتنوئید در مرحله رویشی گیاه نخود"**. اولین همایش ملی و راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار، ص ۱۴۳-۱۳۸.

قنوانی ن، نادیان ح، (۱۳۹۱)، **"تاثیر قارچ های میکوریزا-آربوسکولار بر رشد رویشی گیاه شبدر برسیم تحت سطوح مختلف لجن فاضلاب"**، مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دوره ۵، شماره ۱۷، صفحه ۱۷ تا ۳۰.

قورچیانی م، اکبری غ، علیخانی ح، زارعی م و دادی ا ، (۱۳۹۱)." **برهمکنش قارچ میکوریز آربوسکولار و باکتری سودوموناس فلورسنس روی کارایی مصرف کودهای فسفر، وابستگی میکوریزایی و عملکرد ذرت در شرایط تحت تنش کم آبی**". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،آب و خاک، سال ۱۷، شماره ۶۳، صفحه ۱۲۳تا ۱۳۶

کاظمی پشت مساوی ح، پیر دشتی ه و بهمنیار م.ع، (۱۳۸۶) ."**مقایسه اثرات کود های فسفره معدنی و زیستی بر ویژگی های زراعی دو رقم باقلا**".مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،جلد۱۴،شماره ۶،اسفند ۸۶

کریمی ک، بلندنظر ص و آشوری س ، (۱۳۹۲) " **اثر کود های زیستی و قارچ میکوریز آربوسکولار بر عملکرد، صفات رشد و کیفیت لوبیا سبز**".نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار.جلد۲۳، شماره ۳،سال ۱۳۹۲.

کوچکی ع .**(۱۳۷۴)** ."**کشاورزی پایدار**" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کوچکی ع، سرمدنیا ع ،( ۱۳۶۹)."**فیزیولوژی گیاهان زراعی**" انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد.

کریمی، ا. ۱۳۷۲. **"بررسی تأثیر ماده ی اصلاحی ایگیتا بر روی برخی از خصوصیات فیزیکی خاک و رشد گیاه"**. پایان نامه ی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکدهی کشاورزی، دانشگاه تهران.

مجنون حسینی ن .(۱۳۷۲)."**حبوبات در ایران.چاپ اول**".جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران

مستأجران ا . ضوئی ف، (۱۳۷۸) . همزیستی میکوریز، جلد اول. انتشارات دانشگاه اصفهان.

موسوی جنگلی، س. ا.، ثانی ب ، شریفی م و حسینی نژاد ز. (۱۳۸۳) **"بررسی تأثیر باکتریهای حل کنند فسفات و میکـوریزا بر روی صفات کمی ذرت دانهای (سینگل کراس ۷۰۴)"**. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصـلاح نباتـات ایـران، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان. ص ۱۸۴.

مهربان ا، داعی گ و مهربان م، (۱۳۸۶)**." نقش قارچ های همزیست میکوریزا در پیکار با خشکسالی"**.مجموعه مقالات اولـین همایش خشکسالی و راهکارهای مقابله با آن،دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند.

همتی آ،(۱۳۹۰) پایان نامه کارشناسی ارشد. **" تاثیر اسید هیومیک حاصل از ورمی کمپوست غنی شده، اسید هیومیک تجاری و فیتوهورمون IAA بر روی شاخص های رشد کلزا"**. دانشگاه تهران.ایران

یادگاری م. و برزگر ر. (۱۳۸۶) **"زراعت ارگانیک لوبیا"** چاپ اول. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد. ۱۶۸ ص.

یساری ا ،(۱۳۹۲)،**"اثر باکتری های حل کننده فسفات به عنوان کود های بیولوژیک و فسفر معدنی بر رشـد و عملکـرد سویا رقم تلار در شمال ایران"** . نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان، دوره اول،سال اول، پاییز ۹۲.

Abdalla M.H., Amd Omar S.A. (۲۰۰۱)." **Survival of Rhizobia Bradi Rhizobia and aroch phosphate solubilization fungus Aseorgillus nigeron various carrier prom some agroinduster wastes and their effect on nodulation and growth of pahabean and soybean**". Plant Nat ۲٤:۷۲-۲٦۱

Abou-Aly H.E and Mady M.A.(۲۰۰۹)."**Complemental effect of humic acid and biofertilizer on wheat productivity**". Annals of agric. Sci.Moshtohor ٤۷(۱):۱-۱۲

Adeleye EO. Ayeni LS . and Ojeniyi SO . (۲۰۱۰) ." **Effect of Poultry Manure on Soil Physico-Chemical Properties, Leaf Nutrient Contents and Yield of Yam (Dioscorea rotundata) on Alfisol in Southwestern Nigeria" Am. J. Sci.**, ۸۷۰-۸۷۸.

Antouan H. and Klopper W.J. (۲۰۰۱) . "**Plant Growth Promoting Rhizobacteria Academic Press page** "۱٤۷۰-۱٤۸۸

Arancon NQ . Edwards CA. Lee S. and Byrne R . (٢٠٠٦) "**Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth**" . European Journal of Soil Biology. ٤٢, ٦٥–٦٩

Arancon NQ . Edwards CA. Atiyeh RM. and Metzger JD . (٢٠٠٤) . " **Effects of vermicomposts produced from food waste on greenhouse peppers**" Bioresource Technology"**.**,pp ١٣٩-١٤٤

Argaw A. (٢٠١٢)." **Evaluation of co-inoculation of Bradyrhizobium japonicum and Phosphate solubilizing Pseudomonas spp. effect on soybean (Glycine max L .Merr.) in Assossa Area**". Journal of Agricultural Science and Technology, ١٤(١):(٢١٣-٢٢٤).

Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ. and Metzger JD:(٢٠٠٢ ) ."**The influence of humic acids derived from earthworms-processed organic wastes on plant growth**". Bioresource Technology, ٨٤, ٧-١٤.

Augé RM,( ٢٠٠١).Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza, ١١: ٣–٤٢.

Ayas H. and Gulser F.(٢٠٠٥ ). "**The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach**". Journal of biological sciences ٥(٦): ٨٠١- .٨٠٤

Azcon R and L Atrach EF, (١٩٩٦)." **Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N٢ fixation in Medicago sativa at foursalinity levels**". Biology and Fertility of Soils, ٢٤: ٨١-٨٦.

Babaei M, Ardakani MR, Rejali F, Shirani Rad AH, Golzardi F and Mafakheri S. (٢٠١٢). "**Response of agronomical traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to co-inoculation with *Glomus intraradices* and *Pseudomonas fluorescens* under different phosphorus levels**". Annals of Biological Research ٣: ٤١٩٥-٤١٩٩.

Balakumbahan R. and Rajamani K.(٢٠١٠)." **Effect of Biostimulant on growth and yield of senna**". Journal of Horticulture science and ornamental plant, IDOSI publication.٢:١٦-٨

Barea J., D. Werner C. Azcón-Guilar and R. Azcón. (٢٠٠٥). "**Interactions of Arbuscular Mycorrhiza and Nitrogen-Fixing Symbiosis in Sustainable Agriculture**". D. Werner and W.E. Newton (eds.), Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment, ٤: ١٩٩-٢٢٢.

Barron JE, Pasini RJ, Davis DW, Stuthman DD. and Graham PH,( ٢٠٠٠)." Response to selection for seed yield and nitrogen (N٢) fixation in common bean (Phaseolus vulgaris L.)". **Field Crops Research** ٦٢: ١١٩-١٢٨.

Biari A, Gholami A and Rahmani HA, (٢٠٠٨). "**Growth promotion and enhanced enhanced nutrient uptake of maize (*Zeamays* L.) by application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in arid region of Iran**". Journal of Biological Science ٨: ١٠١٥-١٠٢٠.

Biswas J.C. Ladha J.K. Dazzo F.B. Yanni, Y.G. and Rolfe B.G. (٢٠٠٠). "**Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice**". Agronomy Journal, ٩٢: ٨٨٠-٨٨٦.

Brundertt MC.( ٢٠٠٢). "Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants". **New Phytol** ١٥٤: ٢٧٥-٣٠٤.

Busato JG., Lima LS., Aguiar NO., Canellas LP. and Olivares FL:(٢٠٠٢)." **Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria**". Bioresource Technology; ١١٠, ٣٩٠–٣٩٥.

Cardoso I.M. and T.W. Kuyper. (٢٠٠٦). "Mycorrhizas and tropical soil fertility". **Agricultur Ecosystems and Environment**. ١١٦:٧٢-٨٤.

Carr G, ١٩٩١. Use of zwitteronic hydrogen ion buffers in media for growth tests of Glomus caledonium. Soil Biology and Biochemistry ٢٣: ٢٠٥- ٢٠٦.

Carter MR and Gregorich EG, (٢٠٠٨)." **Soil Sampling and Methods of Analysis. ٢nd ed**" .Canadian Society of Soil Science.

Chandrashekara CP, Patil VC and Sreenivasa MN.(١٩٩٥). "**Response of two sunflower (*Helianthus Annuus* L.) genotypes to VA-mycorrizal inoculation and phosphorus levels**". Biotopia ٨: ٥٣-٥٩.

Clark R and Zeto S, ١٩٩٦. Growth and colonization of mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. Soil Biology Biochemistry ٢٨: ١٥٠٥- ١٥١١.

Constantino M, Gómez-Álvarez R, Álvarez-Solís JD, Geissen V, Huerta E and Barba E.(٢٠٠٨)." **Effect of Inoculation with Rhizobacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth and Yield of *Capsicumchinense* Jacquin**". Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics ١٠٩: ١٦٩-١٨٠.

Cooper R.J, Liu, C.H. and Fisher D.S (١٩٩٨)" .**Influence of humic substances on rooting and nutrient ontent of creeping bentgrass**". Crop Science. ٣٨: .١٦٤٤-١٦٣٩

Cottenie A, ١٩٨٠. Soil and plant testing. FAO Soils Bulletin. ٣٨: ٩٤-١٠٠.

Dakora FD. (٢٠٠٣)."**Defining new roles for plant and rhizobial molecules in sole and mixed plant cultures involving symbiotic legumes**". New Phytol. ١٥٧:٣٩-٤٩.

Davison J . (١٩٩٨) ." **plant beneficial bacteria" biotechnology**.,pp ٢٨٢-٢٨٦

Delfine S, Tognetti R, Desiderio E, Alvino A.(٢٠٠٥)." **Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum weath**". Agron. Sustain. Dev. ٢٥: .١٩١-١٨٣

Demir, S.( ٢٠٠٤)." **Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper**". Turkish Journal of Biology ٢٨: ٨٥-٩٠.

Dolatabadi H.K. Goltape E.M . Moeini A. Jaimand B. Sardrood P. and Varma A. (٢٠١١). "**Effect of *Priformospora indica and sebacina vemifera* on plant growth and essential oil yield on *Thymus vulgaris* invitro and invivo experiments".** Symbiosis ,٥٣:٢٩-٣٥

Duresun A. Guvenc I.(٢٠٠٠)." **Effects of different level of humic acid on seedling growth of tomato and eggplant**".ISHS Acta Hort. ٤٩١.

Egamberdievva D, Hoflich G.(٢٠٠٤)."**Influence of growth promoting bacteria on the growth wheat in different soils and temperature**".Soil Bio Biochem ٣٥:٩٧٣-٩٧٨

Feng G, Zhang FS, Li XL, Tian C and Rengel C, (٢٠٠٢). "**Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots**". Mycorrhiza ١٢: ١٨٥-١٩٠

Ferrol N and Perez- Tienda J, (٢٠٠٩). "**Coordinated nutrient exchange in arbuscular mycorrhiza** "Pp: ٧٣- ٨٧ In: Azcon- Aguilar C, Barea J, Gianiazzi S and Pearson S. Mycorrhizas- Fanctional Proccesses and Ecological Impact.

Fertilizer responses of dry bean in southern Alberta". **Can. J. Plant Sci**. ٨١:٣٤٣-٣٥٠.

Frank AB. (١٨٨٥). "**Uber di auf werzelsymbiose beruhende Ernahrung gewisser Baume durch unterirdischeplize**". Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft ٣: ١٢٨-١٤٥.

Frietas J.and Germida J.J. (١٩٩٠)."**Plant growth promoting rhizobacteria for winter wheat** ".Can.J. Microbial ٣٦:٢٦٥-٢٧٥

Gehan GM and Abo-Baker AA.( ٢٠١٠)." **Effect bio and chemical fertilization on growth of sunflower (*Helianthusannuus* L.) at south valley area**". Asian Journal of Crop Science ٢: ١٣٧-١٤٦.

Giovannetti M and Sbrana C,(٢٠٠٠).” **Spore germination and pre-symbiotic mycelial growth**”. Pp: ٤٧- ٦٨ In: Kapulnik Y and Douds D. Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and function.

Huang, S., Ashley, D. A. and Boerma, H. R. (٢٠٠٥)." **Light intensity, row spacing, and photoperiod effects on expression of brachytic stem in soybean**". Crop Sci. ٣٣:٢٩–٣٧.

Khalid AS and Elkhidar RA,(١٩٩٣)."**Vesicular-arbuscularmycorrhizas and soil salinity. Mycorrhiza**",٤: ٤٥-٥٧.

Khazaei H, Sabzevari S, Kafi M (٢٠٠٩)."**Effect of humic acid on root and shoot growth of wheat varieties sayons and sabalan** ". Journal of Water And Soil.٢٣(٢):٨٧-٩٤

Kumar V. and Sigh K. P. (٢٠٠١). "**Enriching vermicompost by nitrogen fixing and hosphate solubilizing bacteria** ". Bioresource technology. ٧٦(٢):.١٧٥-١٧٣

Lin W, Okon Y and Hardy RWF, (١٩٨٣)." **Enhanced Mineral Uptake by*Zeamays* and *Sorghumbicolor* Roots Inoculated with *Azospirillum* brasilense**". Applied and Environmental Microbiology ٤٥: ١٧٧٥-١٧٧٩.

Lue C., Cooper R.J. Bowman D.C.(١٩٩٦)." **Humic acid application affects synthesis root, and nutrient content of creeping bentgrass**".Hort Scince ٣٣(٦):١٠٢٣- ١٠٢٥

Malcolm R.E.,Vaghuan D.A.(١٩٧٩)." **humic substances and phosphatas activities in plant tissues**". Soil Biology Chemistry ١١:٢٥٣-٢٥٩

Mar Vázquez M, César S,Azcón R and Barea JM, (٢٠٠٠)." **Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and other microbial inoculants (*Azospirillum, Pseudomonas, Trichoderma*)**".

Matamoros MA, Baird LM, Escuredo PR and et al, (١٩٩٩). "**Stress-induced legume root nodule senescence: physiological, biochemical and structural alterations**". Plant Physiology ١٢١: ٩٧-١١١.

Mckenzie R.H. A.B. Middleton, K.W. Seward, R. Gaudiel, C. Wildschut, and E. Bremer. (۲۰۰۱).

Mirzaei A, Vazan S and Naseri R.(۲۰۰۹). "**Response of yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels under dry land condition"**. World Applied Sciences Journal ۱۰: ۱۲۸۷-۱۲۹۱.

Mirzakhani M., Ardakani M.R., Aeeneband A., Shiranirad A.H., and Rejali, F. (۲۰۰۹). "**Effects of co-inoculation of Azotobacter and mycorrhiza under nitrogen and phosphorus levels on nutrients absorbtion efficiency in safflower (Carthamus tinctorius L.)".** PhD Thesis of Agricultural on Agronomy. Islamic Azad University Science and Research Branch-Khouzestan, Iran. (In Persian with English Summary) .

Mishra M., Patjoshi A.K. and Jena D. (۱۹۹۸).” **Effect of biofertilization on production (Zea mays) of maize. IndianJ. Agron.**” ٤٣: ۳۰۷–۳۱۰.

Muscolo A. Panuccio MR. Abenavoli MR. Concheri G. and Nardi S.(۱۹۹٦)." **Effect of molecular complexity and acidity of earthworm faeces humic fractions on glutamate dehydrogenase, glutamine synthetase, and phosphoenolpyruvate carboxylase in Daucus carota a ll cells**". Boil fertile Soils, ۲۲: ۸۳-۸۸.

Nagahashi G. and Douds D.( ۲۰۰۳). "**Action spectrum for the induction of hyphal branches of an arbuscular mycorrhizal fungus esposure sites versus branching sites**". Mycological Research ۱۰۷: ۱۰۷٥-۱۰۸۲.

Norrif IR, Read DJ and Varma AK,( ۱۹۹۲)." **Methods in Microbiology Techniques for Study of Mycorrhiza**". Academic press, London.

Oliveira A and Pampulha ME,( ۲۰۰٦). “**Effect of long-term heavy metal contamination on soil microbial characteristics**”. Journal of Bioengineering ۱۰۲: ۱٥۷- ۱٦۱.

Olsson PA, Thingstrup I, Jakobsen I and Baath E, (١٩٩٩) "**Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhiza fungi in a linseed field.**" Soil Biology and Biochemistry ٣١: ١٨٧٩-١٨٨٧.

Orlov D.S. and Biryukova O.N .(١٩٩٦) ." **Humic substances of vermicomposts** ". Agrokhimiya, ١٢: ٦٠-٦٧ .

Padem H., Ocal A. and Alan R. (١٩٩١). "**Effect of humic acid added foliar fertilizer on quality and nutrient content of eggplant and pepper seedlings**". Acta Hort. ٤٩١.

Padmavathiamma PK., Li LY. and Kumari UR.(١٩٩٩)." **An experimental study of vermibiowaste composting for agricultural soil improvement**". Bioresour. Technol. ٩٩: ١٦٧٢–١٦٨١.

Philips JM and Hayman DS, ١٩٧٠." **Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and VAM fungi for rapid assessment of infection. Transaction of the British Mycology Society**". ٥٥: ١٥٨- ١٦١.

Pinton R., Cesco S., Iacolettig G., Astolfi S., Varanini Z.(١٩٩٩)."**Modulation $NO_3^-$ Uptake by water extractable humic substances :involvement of root plasama membrane H+ ATPase**" .Plant and Soil ٢١٥:١٥٥-١٦١

Poss JA, Pond E, Menge JA and Jarrell WM, (١٩٩٥). "**Effect of salinity on mycorrhiza onion and tomato in soil with and without additional phosphate**". Plant Soil ٨٨: ٢٠٧- ٣١٩.

Poulin M, Bel-Rhlid R and Chenevert R, (١٩٩٣)." **Flavonoids released by carrot (*Dausus carota*) seedling stimulate hyphal development of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi in the presence of optimal $co_2$ enrichment**." Chemistary Ecology ١٠: ٢٣١٧- ٢٣٢٧.

Qi BC, Aldrich C. and Lorenzen L.(٢٠٠٤)" **Effect of ultrasonication on the humic acids extracted from lignocellulose substrate decomposed by anaerobic digestion**". Chemical Engineering Journal. ٩٨, ١٥٣–١٦٣.

Raiesi F., and Ghollarata M. (٢٠٠٦)." **Interactions between phosphorous availability and an AM fungus (Glomus intraradices) and their effects on soil microbial respiration, biomass and enzyme activities in a calcareous soi**l". Pedobiologia ٥٠:٤١٣-٤٢٥

Redecker D and Raab P,( ٢٠٠٦)." **Phylogeny of the Glomeromycota (Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomerales)**". Molecular Phylogenetics and Evolution ١٤: ٢٧٦-٢٨٤.

Redecker D. Morton JB. and Bruns TD.( ٢٠٠٠) ." **Ancestral lineages of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomerales)**." Molecular Phylogenetics and Evolution ١٤: ٢٧٦- ٢٨٤.

Rodriguez-Navarro DN, Santamaria C, Temprano F and Leidi EO, (١٩٩٩). "**Interaction effects between Rhizobium strain and bean cultivar on nodulation, plant growth, biomass partitioning and xylem sap composition**". European Journal of Agronomy, ١١: ١٣١-١٤٣.

Rolfe B. G., Djordjevic M. A., Weinman J. J., Mathesius U., Pittock C., Gartner E., Ride K .M., Dong Z., Mccully M. and McIver J.( ١٩٩٧). **"Root morphogenesis inlegumes and cereals and the effect of bacterial inoculation on root development** ".Plant Soil. ١٩٤: ١٣١-.١٤٤

Schnepf A, Jones D and Roose T, (٢٠١١)." **Modelling nutrient uptake by individual hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi: temporal and spatial scales for an experimental design**". Bull. Mathematical Biology ٧٣: ٢١٧٥-٢٢٠٠.

Schüßler A, Schwarzott D and Walker C, (٢٠٠١ )." **A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. Mycological Research**" ١٠٥: ١٤١٣-١٤٢١.

Seran TH. Srikrishnah S. and Ahamed MMZ . (٢٠١٠) . **" Effect of different levels of inorganic fertilizers and compost as basal application on the Effgrowth and yield of onion (Allium cepa L.)"** J Agric Sci., ٥(٢): ٦٤-٧٠.

Shariff, M. (٢٠٠٢)." **Effect of lignitic coal derived HA on growth and yield of wheat and maize in alkaline soil**". Ph.D Thesis, NWFP Agric Univ Peshawar, Pakistan.

Siddi ui ZA and Pichtel J. (٢٠٠٨) .," **Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry,pp**. ١-٣٥.

**Singh R, Behl RK, Singh KP, Jain P and Narula N,( ٢٠٠٤).” Performance and gene effects for weat yield under inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi and zotobacterchroococcum”. Plant Soil Environment ٥٠: ٤٠٩-٤١٥.**

Smith SE. and Read DJ,( ١٩٩٧) **. Mycorrhizal Symbiosis, ٢nd edn. London: Academic.**

Sprent JI .and Sprent P.(١٩٩٠). "**Nitrogen fixing Organisms: Pure and applied aspects**". Chapman and Hall London p٢٥٦.

Swift, C.E. (٢٠٠٤). "**Mycorrhiza and soil phosphorus levels**". Area Extension Agent. http:// www. colostate. edu/ Depts/ Coop Ext/ TRA/ Plants/ mycorrhiza.

Tan KH. and Nopamornbodi V:(١٩٧٩). "**Effects of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (Zea. Mays L.)**". Plant and Soil, ٥١: ٢٨٣-٢٨٧.

Tan KH., and Tantiwiramanond D.(١٩٨٣)." **Effect of Humic Acids on Nodulation and Dry Matter Production of Soybean, Peanut, and Clover**". SOIL SCI. SOC. AM. J. ١٩٨٣; ٤٧.

Tasang A. and Maum M.A.(١٩٩٩**)." Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of Strophostyles helvola in coastalforedunes"**. University of Waterloo, Canada. Plant Ecology ١٤٤: ١٥٩_.١٦٦

Taylor G., and L. Cooper. (٢٠٠٤). "**Humic acid: The root to healthy plant growth**". California State.Science Fair.

Turkmen, O., Dursun, A., Turan, M. and Erdinc, C. (٢٠٠٤). "**Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato**". Soil and plant Science ٥٤: ١٦٨-١٧٤.

Vierheilig H and Bago B, ٢٠٠٥. Host and non-host impact on the physiology of the AM symbiosis Pp: ١٣٩- ١٥٨.

Viswanathan G, Panchaksharam T and Kurusangu V, (٢٠١١). "**Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and Azospirillum co-inoculation on the growth characteristics, nutritional content and yield of tomato crops grown in south India**". Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences ١: ٨٤-٩٢.

Wahyudi A., Indri Astuti R. Giyanto.( ٢٠١١)." **Screening of Pseudomonas sp. Isolated from Rhizosphere of Soybean Plant as Plant Growth Promoter and Bio-control Agent**". American Journal of Agricultural and Biological Sciences, ٦(١): .١٤١ -١٣٤

Waling I, Vark WV, Houba VJG and Van der lee JJ, (١٩٨٩). "**Soil and plant analysis a series of syllabi**". Part ٧. Plant analysis procedures. Wageningen Agriculture Univesity.

Wang Q. Wei S. Huang Y. and Zhang J .(٢٠٠٧)." Characteristics of isothermal adsorption and desorption

Widada J. Damarjaya D.I. and Kabirun S.(٢٠٠٧)." **The interactive effect of arbuscular mycorhizal fungi and rhizobacteria om growth and nutrient uptake sorghum in acid soil**". First international meeting on microbial phosphate solubilization development. Plant Soil ١٠٢: ١٧٣-١٧٧

Wolf D.W., Henderson D.W., Hsiao T. C. and Alvino, A. (١٩٨٨). "**Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I. Leaf area duration nitrogen distribution and yield**". Agronomy Journal ٨٠: ٨٥٩-٨٦٤.

Wright SF and Upadhyaya A.(١٩٩٨)." **Extraction of abundant and unusual protein of soil and comparison with hyphal protein of arbuscula mycorhizal fungi**". Soil Science ١٦١:٥٧٥-٥٨٥

Zahir A.Z. Arshad M. and Frankenberger W.F. (٢٠٠٤). "**Plant growth promoting rhizobacteria: Application and perspectives in agriculture"** Advancees in Agronomy. ٨١: ٩٧-١٦٨.

Zahir A.Z. Arshad M. and Khalid A. (١٩٩٨)." **Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria**". Pakistan J. Soil Sci. ١٥: ٧-١١.

Zhu YG. and Miller RM. (٢٠٠٣). "Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems". **Trends in Plant Science** ٨: ٤٠٧-٥٠٩.

Abstract

Bean *Phaseolus vulgaris* L is one of the most important crops which is consumption for direct human and included ٥٠٪ of world cereal production. biological or microbial fertilizers (liquid, solid or semi-solid) containing one or more species of microorganisms and promote root system and absorption of nutrients better, and thereby enhance plant growth and the quality and quantity of components yield. To evaluate the effects of mycorrhizal fungi and bacteria as bio fertilizer and humic acid as an organic fertilizer on the yield of bean plants in the greenhouse, an experiment was designed in a factorial completely randomized with three replications. The first factor two leveles of mycorhiza (M.: no inoculation of mycorhiza ,$M_{١}$ : inoculation of mycorhiza ), the second factor two leveles of (S٠: Non-inoculated with bacteria and S١: inoculation with bacteria Psudomonas putida) and the third factor with three levels of humic acid (H٠: lack of humic acid, $H_{١}$: consumption of ٢٠٠ milligrams per kilogram, $H_{٢}$: consumption of ٤٠٠ milligrams per kilogram).Analysis of variance showed that the combination of bio-fertilizers, bacteria and mycorrhizal fungi increase significantly weight per pod, seed weight, and grain. inoculated the plant with mycorhiza *Glomus etunicatum* in comparison with control can increase phosphorus absorption and increase grain weight which inoculated with *Pseudomonas putida* can increase nitrogen uptake and enhance colonization more than control treatment. Humic acid at levels of ٤٠٠ milligrams per kilogram can increase seed number and also total leaf chlorophyll. In summary, we can use mycorrhizal fungi and humic acid in presence of bacteria can improves some physical and chemical properties of the bean plant.

Keywords: Beans, humic acid, Pseudomonas putida, mycorrhizal fungi, grain weight

**Shahrood University**

**Faculty at Agriculture**

**Department of Water and Soil**

# Effect of mycorrhizal fungus, *Pseudomonas and* humic acid on growth indices of bean plant and some soil properties

**Neda Jadidoleslam shahsavar**

**Supervisor(s):**
**Shahin Shasavani**

**Naser Aliasgharzad**

**Advisors:**

**Hamid Reza Asghari**

**Shahrokh Gharanjik**

**February ۲۰۱۵**